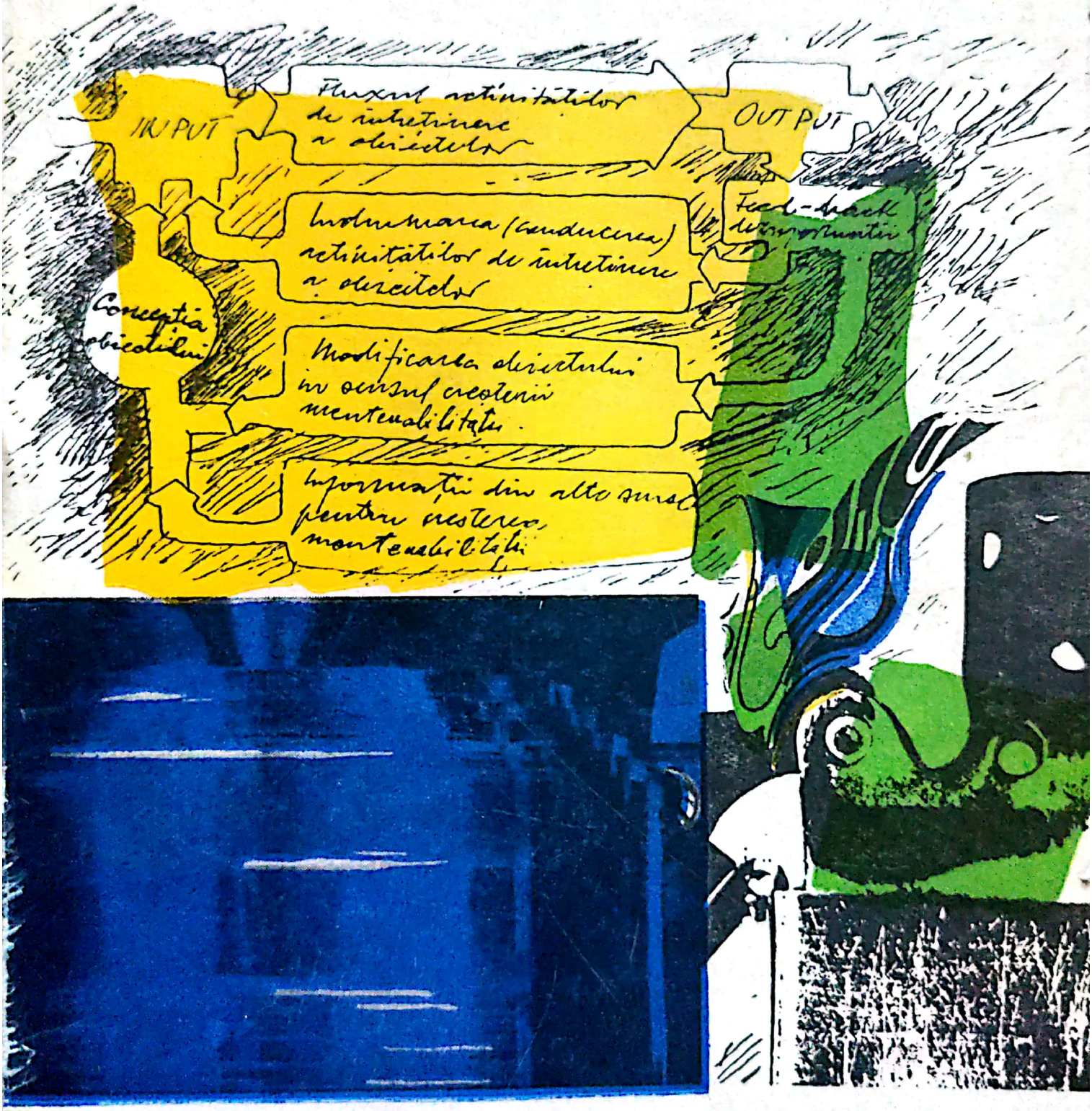
C. ARAMĂ

Terotehnica



Editura tehnică

Scanned with OKEN Scanner

658.58.004.5
A-70

Prof. ing. CONSTANTIN ARAMĂ
Membru corespondent al Academiei R.S.R.

Terotehnica

BIBL. DOCUMENTARĂ
UCECOM

8155
4865

Editura tehnică
Bucureşti – 1976

Scanned with OKEN Scanner

Terotechnology is the technology of installation, comissioning, maintenance, replacement and removal of plant, machinery and equipment, of feed-back to operation and design thereof, and to related subjects and practices. Terotechnology is much more than Maintenance Engineering and may be considered as the systems approach to non-operational management of a plant, works a.s.o. It proved to be a multidisciplinary engineering with a strong management content. Being rather a strictly required development condition of the modern technology, this new engineering science and technology is expected — once introduced in practice — to promote high standards of reliability and efficiency. Continuous reduction in maintenance operations and costs is the main aim of Terotechnology.

This book is intended to be an introduction in Terotechnology.

After a brief introductory chapter, the maintenance system is described in Chapter 2. Only those items which are needed for a better understanding of what is to be done in order that maintenance costs might be reduced, are given.

Chapter 3 introduces the reader in the main terotechnological problems. After a few considerations on Terotechnology as a system, how some repair workshop procedures are able to assure greater reliability and to cut spare parts inventories are shown. Also data collection and flow is considered for the required feedback to design. Terotechnological laboratories and design are to be promoted for specific activities as reliability trials and tests, as collection of data of failure diagnosis, maintenance costs and repair procedures, as components design and calculations for reliability, as designing-out maintenance, as cost of accesibility, as designing products with higler maintainability etc. etc. Some respect are given in appendix.

The book was written mainly to draw attention to application of terotechnology principles and practice by particulars and organisations involved.

Scanned with OKEN Scanner

Prefața

Evoluția continuă spre producția automată face ca, din ce în ce mai mult, caracteristicile produselor să depindă atît de calitatea mijloacelor de producție, cît și de pregătirea și calitatea personalului ce asigură menținerea fluxului tehnologic la parametrii prescriși.

Pe de altă parte, operațiile preventive și/sau corective necesare menținerii unui produs în stare de funcționare — ceea ce definește „mentenanța", întreținerea — reprezintă cheltuieli care nu rareori depășesc cu mult costul produsului.

Toate acestea — dealtfel prezentate pe larg în paginile ce urmează — atrag atenția asupra necesității de a organiza activitățile tehnice astfel încît să reducă cheltuielile de întreținere, dacă este posibil chiar pînă la anulare, prin colectarea și prelucrarea datelor de pe teren și elaborarea unor soluții noi, îmbunătățite, pentru produs.

Stabilirea tuturor modificărilor necesare realizării unor economii de mare importanță — pe baza datelor și informațiilor disponibile — devine baza pe care se sprijină formularea și luarea deciziilor inovatoare.

Terotehnica *își propune să folosească în mod creator datele și informațiile din timpul exploatării în vederea conceperii produselor, procedeelor și metodelor care să rentabilizeze la maximum utilizarea (tero, de la rădăcina verbului „a avea grijă" din limba elină veche).*

Terotehnica nu este atît o consecință, cît mai degrabă o cerință a dezvoltării științei și tehnicii. Activitățile sale sînt chemate să îndeplinească unele dintre cele mai importante funcțiuni tehnice ale perioadei pe care o parcurgem. Desfășurarea acestora nu va avea loc fără dificultăți — dealtfel inerente oricăror dezvoltări. De asemenea, vor fi necesare unele cheltuieli, care însă vor fi curînd depășite cu mult de către economiile realizate în costurile mentenanței.

Scanned with OKEN Scanner

Lucrarea a fost concepută spre a fi utilă pentru tot personalul tehnic-ingineresc care, de la concepție la exploatare, este angajat în viața produsului utilizat. Lucrarea este practică, în sensul de a sugera căile de stabilire a unor soluții practice — la probleme practice. Principiile terotehnicii sînt necesare educării tehnicienilor încă de pe băncile școlilor, în sensul de a sesiza și trata problemele prin prisma unei TEHNICI TOTALE, a luării în considerare a TUTUROR aspectelor care definesc un produs, atît tehnice, cît și economice și de altă natură.

Autorul își exprimă speranța de a fi reușit să introducă cititorul în domeniul terotehnicii, de a-i fi trezit interesul pentru dezvoltarea acestei noi științe multidisciplinare și mai cu seamă pentru aplicațiile sale practice.

Autorul

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul I. Activităţile cuprinse în fabricaţie şi utilizare

Fluxul activităţilor

Activităţile tehnice se desfăşoară atît pentru construirea de unităţi de producţie, cum sînt întreprinderile industriale, şantierele etc., cît şi în acestea pentru realizarea unor produse care sînt folosite şi care pretind, de asemenea, depunerea unor activităţi de natură tehnică în durata folosirii lor.

Ca urmare, activităţile tehnice care interesează se referă la : maşini, utilaje, echipamente, aparate, piese, produse de larg consum, instalaţii, uzine, clădiri, poduri, şosele etc. — într-un cuvînt la toate realizările tehnice, inginereşti.

Natura acestor activităţi este destul de diferită şi, în general, dependentă de natura produsului lor. De pildă, pentru un produs industrial de serie mare, în fig. 1 se arată natura activităţilor normal cerute de către acesta, într-o compartimentare convenţională, dar oarecum devenită tradiţională. Astfel de reprezentări ale activităţilor au sugerat imaginea de „flux", dar au încetăţenit oarecum şi opinia despre separarea activităţilor compartimentate, opinie întărită — firește ilogic — de faptul că, în cele mai multe cazuri, diversele compartimente sînt administrate de întreprinderi şi institute cu subordonare diferită. Această supărătoare situaţie — atunci cînd există — a marcat multă vreme interesul comun al coordonării eficiente a tuturor compartimentelor activităţilor depuse.

Cu toate acestea, şi mai ales în cazul produselor de mare serie, s-au organizat — uneori chiar prin reglementări oficiale — relaţii de diferite conţinuturi între compartimente, dintre care se pot cita :

— elaborarea de către constructor a instrucţiunilor de punere în funcţionare, de exploatare, de întreţinere etc., care se pun la dispoziţia beneficiarilor ;

Scanned with OKEN Scanner

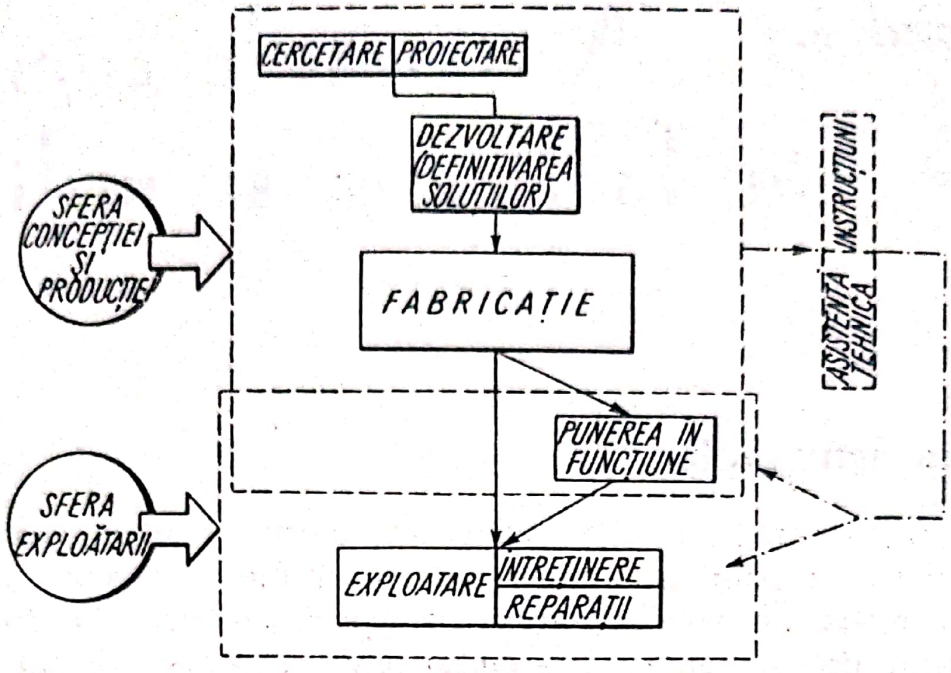


Fig. 1.

— acordarea de asistenţă tehnică de către constructor pentru o anumită perioadă din exploatarea produsului.

Relaţii de acest fel au loc la „frontiera" dintre sfera producătorului şi aceea a beneficiarului. Acestea au devenit „tradiţionale" şi sînt cuprinse de obicei nu numai în contracte, ci sînt enumerate uneori chiar în prospecte, pe această cale căpătînd şi un aspect de propagandă comercială.

Examinarea relaţiilor fluxului

Imaginea precedentă a unui flux de activităţi, compartimentate după specificul lor principal (proiectare, cercetare etc.) şi cuprinse în mai multe unităţi administrativ distincte (institute de proiectare şi cercetare, uzine producătoare, întreprinderi de exploatare etc.), poate arăta de la sine, la un studiu chiar neaprofundat, care sînt locurile slabe în flux, care este natura acestora şi care ar putea fi soluţiile de remediere.

Dar, înainte de a examina „locurile înguste" ale fluxului şi de a le preciza cauzele, este normal să să răspundă la o întrebare fundamentală : care este, în esenţă, situaţia fluxului ce obligă la o analiză a acestuia ? Răspunsul este : circulaţia activităţilor în flux generează cheltuieli mari în toate compartimentele şi mai cu seamă în

Scanned with OKEN Scanner

acela al întreţinerii. Deci : cît costă întreţinerea ? La această întrebare nu se poate răspunde pentru orice produs al activităţilor tehnice cu acurateţa de rigoare. Motivul principal este acela al lipsei unor date sigure, acumulate în exploatarea produsului — problemă asupra căreia se va reveni mai departe. Cu toate acestea, există date referitoare la unele ramuri industriale şi industrii specializate, date care nu lasă nici un dubiu asupra faptului că cheltuielile de întreţinere sînt deosebit de mari. Astfel, datele statistice americane [19], arătate în tabelul 1, sînt concludente pentru costul întreţinerii uzinelor producătoare.

Tabelul 1

Costul întreţinerii

Industrie	Cheltuieli de întreţinere, % din preţul produselor vîndute
Hîrtie	11,79
Oţelărie	11,59
Maşini agricole	11,28
Metalurgie neferoasă	11,00
Rulmenţi	5,10
Piese în aeronautică	2,12
Presare metale	1,65

Semnificative sînt şi cheltuielile pentru întreţinerea şi reparaţia locomotivelor diesel-electrice şi ale motoarelor acestora [21] arătate în fig. 2 (partea haşurată), la nivelul costurilor din anul 1971.

Datele disponibile [39] pentru unele autobuze urbane fac posibilă aprecierea ponderii cheltuielilor de întreţinere şi reparaţie (partea haşurată) în cadrul cheltuielilor totale după cum se arată în fig. 3. Se observă că o treime din cheltuielile totale, pentru întreaga durată de viaţă a autobuzului, se efectuează în domeniul întreţinerii şi reparaţiei.

Prin urmare, întreţinerea costă — şi costă mult. De fapt acesta este motivul fundamental care obligă la analiza multilaterală — tehnică, economică, organizatorică etc. — a activităţilor atît totale, cît

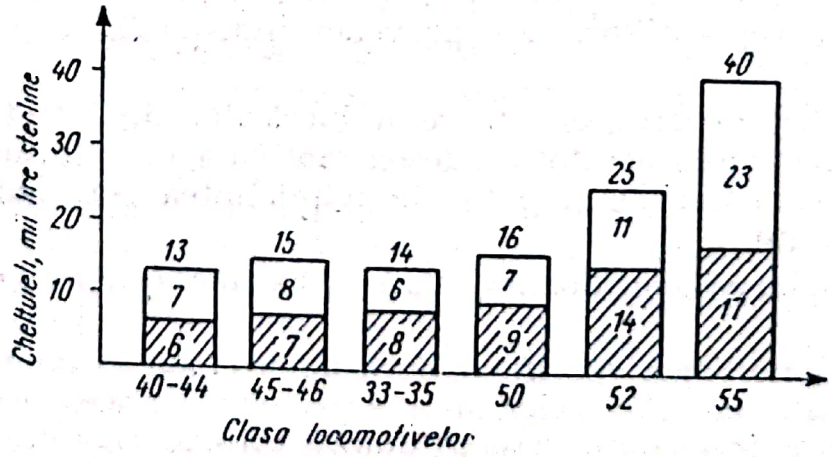


Fig. 2.

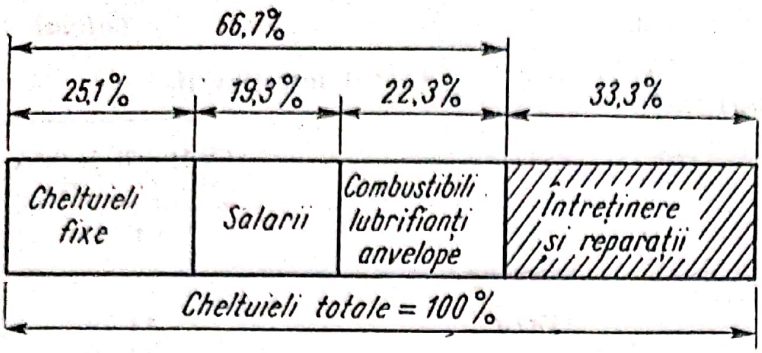


Fig. 3.

și a celor de întreținere. Rezultatul concret al îmbunătățirii fluxului activităților este rentabilizarea acestuia și — pe această cale — reducerea cheltuielilor generale, printre care cu precădere figurează cele impuse de către întreținere.

Trecînd acum la examinarea fluxului, urmează să se precizeze în definitiv care sînt relațiile ce ar trebui să existe în cadrul acestuia astfel încît să se asigure rentabilizarea optimală a tuturor acțiunilor cuprinse. În ceea ce privește lipsurile actuale din acest punct de vedere — lipsuri care tocmai acestea însile sugerează natura relațiilor necesar a fi organizate — în continuare se rețindoar acelea care au fost constatate în majoritatea cazurilor examinate aproape pretutindeni :

a. În sfera concepției se pot reține :

— insuficienta colaborare dintre cercetare și proiectare ;

— lipsa unei colaborări active dintre compartimentul de definitivare a prototipurilor, pe de-o parte, și compartimentele de cercetare și proiectare, pe de alta ;

— colaborarea defectuoasă — uneori și datorată celor de mai înainte — dintre proiectare și fabricație, de multe ori ilustrată de conținutul nesatisfăcător al documentelor de execuție.

b. În sfera exploatării se pot remarca :

— colaborarea defectuoasă dintre reparații și exploatare, ilustrată mai ales prin nerespectarea termenelor de reparații, ceea ce provoacă dificultăți în exploatare, precum și prin calitatea necorespunzătoare a reparațiilor, care provoacă indisponibilități în exploatare ;

— calitatea necorespunzătoare a lucrărilor de întreținere, precum și neefectuarea acestora, adesea motivată prin lipsuri în aprovizionarea de materiale și piese, în tehnicitatea personalului, ca și în operativitate ;

— exploatarea nerațională, fără respectarea normelor de utilizare ;

— lipsa unor date specifice ; aceasta în ciuda evidențelor numeroase existente, dar fără colectarea și prelucrarea acestora, în sensul realizării unor informații corecte asupra tuturor cheltuielilor, astfel încît să se poată declanșa decizii de remediere ; în afară de această

Scanned with OKEN Scanner

necunoaștere a situației există uneori — element fundamental al situației precare în multe cazuri — și o atitudine de minimizare a activităților de întreținere, care se reflectă și asupra personalului de întreținere în unele țări, a cărui muncă este privită drept necreatoare, în cel mai bun caz ; se apreciază că „cei din întreținere" lucrează efectiv doar o treime din timpul pentru care sînt angajați, dar aceasta din cauză că de multe ori nu se știe precis cît costă o oră de întrerupere a producției ! ;

— lipsa unor metodologii de calcul economic pentru activitățile întreținerii, ceea ce face imposibilă atît aprecierea pierderilor, cît și a cuantumului necesar de întreținere — într-un cuvînt rentabilizarea întreținerii.

c. În domeniul relațiilor dintre sfera concepție-fabricație și sfera exploatării, lipsa principală este aceea a circulației experienței acumulate din domeniul întreținerii spre concepție (feed-back), pentru ca la acest nivel să se ia măsurile constructiv-funcționale ce se impun în vederea reducerii operațiilor de întreținere și a cheltuielilor aferente, deci pentru a se îmbunătăți ceea ce în prezent se obișnuiește a se numi mentenabilitatea, adică proprietatea produsului de a fi readus la condițiile specificate repede și economic.

Terotehnica — o nouă știință interdisciplinară

Analiza fluxului activităților impuse de produsele tehnicii conduce la două concluzii majore :

1) necesitatea organizării complexe și raționale a tuturor activităților de exploatare, întreținere etc., cu scopul final al rentabilizării optime a acestora în fiecare caz dat ;

2) necesitatea organizării relațiilor interne ale fluxului și, în primul rînd, între întreținere și concepție, astfel încît — pe baza unui feed-back eficient — să se reducă cheltuielile din sfera întreținerii.

Aceste concluzii capătă un caracter imperios necesar de traducere în fapt, datorită implicațiilor economice de foarte mare importanță.

Rezolvarea numeroaselor probleme pe care le ridică realizarea deziderateloг arătate pretinde cel puțin colaborarea unor discipline tehnice și economice destul de diferite, precum și coordonarea acestora în vederea urmăririi scopului final — reducerea cheltuielilor totale cerute de activitățile fluxului.

Pe această cale s-a creat o nouă știință — cu necesitate interdisciplinară — care poate fi definită concis drept tehnica instalării, punerii în funcțiune, întreținerii, reparațiilor, înlocuirii uzinelor, mașinilor, echipamentelor, instalațiilor etc., precum și aceea a admi-

Scanned with OKEN Scanner

nistrării raționale a unui feed-back eficient al datelor spre concepție, ca și aceea a problemelor și procedeelor conexe, mai ales în ceea ce privește organizarea, disciplina, pregătirea și perfecționarea cadrelor de specialitate.

Pentru această nouă știință s-a propus denumirea de TEROTEHNICA (de la rădăcina unui cuvînt din vechea limbă elină care are semnificația de „a avea grijă de"...).

Conform definirii sale, *Terotehnica* depășește substanțial denumirea de tehnica întreținerii („maintenance engineering"). În adevăr, *Terotehnica* cuprinde organizarea, disciplina și controlul operațiilor de întreținere în scopul menținerii acestora la nivelele maxime de operativitate, siguranță, exactitate și rentabilitate. De fapt, toate acestea sînt acțiuni componente a ceea ce se poate descrie drept strategia interioară a activităților de întreținere. Pentru un produs dat, preocupările menționate sînt, în mod firesc, de interes major, obligatoriu, acestea concurînd la micșorarea cheltuielilor din domeniul întreținerii, pentru materiale, piese de schimb, salarii, precum și la creșterea calității operațiilor efectuate, la mărirea fiabilității, a duratei de viață etc.

Dar, *Terotehnica* nu se rezumă numai la atît. Aceasta își propune, în plus, cuprinderea — în scopul rezolvării — a problemelor ce sînt privite în prezent ca oarecum exterioare activităților de întreținere. Astfel, *Terotehnica* cuprinde și o strategie exterioară, în sensul coordonării activităților întregului flux pentru impulsionarea concepției și fabricației în direcția realizării unor produse care să necesite cît mai puține operații de întreținere, dacă se poate chiar de loc, pe durata utilizării acestora în exploatare.

Necesitatea stringentă a colaborării creative între cei ce elaborează produsele și cei ce le folosesc nu este de loc o problemă nouă. Sînt cunoscute căi, mijloace și pîrghii pentru realizarea acestei colaborări. Se constată, totuși, că această colaborare nu este suficient de rodnică, nu se bucură de o bază tehnico-științifică bine definită și nici de o organizare tehnico-administrativă care să facă să funcționeze eficient, real și rapid toate canalele prin care se pot aplica în practică modificările constatate drept necesare.

După cum s-a mai arătat, cu toate că în sfera exploatării se acumulează numeroase date, cum sînt cheltuielile, numărul și tipul defecțiunilor și avariilor, trebuie observat că, pe de o parte, datele sînt consemnate de multe ori incomplet și nesemnificativ și că, pe de altă parte, lipsește — uneori complet — feed-back-ul acestor date dinspre sfera exploatării spre sfera concepției. Există și cazuri în care datele puse la dispoziția constructorului de către întreținere nu sînt folosite de către acesta în mod creator. Nu este mai puțin adevărat și faptul

Scanned with OKEN Scanner

că utilizatorii nu au o imagine clară asupra celor ce le reclamă, nu au un inventar temeinic motivat al malcomportărilor invocate și nici o stabilitate necesară față de soluțiile cerute.

Această situație are unele explicații și poate cunoaște unele remedii, dar cu un caracter minor în lipsa unei tratări de ansamblu și aprofundate a tuturor problemelor cuprinse. Astfel, se poate edifica fără mari dificultăți un sistem eficient de recoltare, prelucrare și prezentare a datelor pentru a ușura raportarea acestora și în același timp pentru a satisface temeinic cerințele constructorului în legătură mai ales cu ponderea specifică a acestora și cu găsirea remediilor necesare. Dar trebuie cunoscut și faptul că, chiar dacă soluțiile de îmbunătățire pot fi sugerate ușor și sigur prin inspectarea datelor, introducerea acestor soluții în practică este condiționată în mod firesc de o serie de factori proprii producției — mai ales de eficiența economică, de prețul de cost, de volumul investițiilor necesare, de disponibilitatea unor materiale și procedee tehnologice implicate în modificările propuse, de problemele pieții, de pregătirea cadrelor etc. De aceea, chiar în cazul organizării unui feed-back complet și competent, decizia pentru introducerea soluțiilor noi pretinde cu necesitate imperioasă o amplă studiere a tuturor implicațiilor, în toate ramurile activităților industriale-economice interesate.

Nu este deloc cazul să se treacă sub tăcere faptul că, nu rareori, atitudinea factorului uman față de cele arătate este o cauză importantă a lipsei de colaborare : comoditate, inerție, prudență greșit înțeleasă, chiar necunoaștere — tot atîtea frîne în calea luării deciziilor inovatoare.

În ceea ce privește capacitatea *Terotehnicii* de a rezolva multitudinea de probleme pe care le preia, capitolul 3 al lucrării încearcă să introducă pe cititor tocmai în această problemă. Deocamdată este totuși potrivit să se răspundă la o întrebare-cheie : este posibil să se realizeze produse pentru care întreținerea se reduce la nimic sau aproape la nimic ? Răspunsul la această întrebare este important, deoarece doar un nume nou, oricît ar fi el de interesant, doar un inventar de situații precare, doar îndemnuri la remedierea acestora din urmă rămîn în domeniul teoretic. Or, răspunsul este afirmativ. Există exemple de produse deja realizate care au un trecut bine cunoscut și o prezență unanim recunoscută, fiind ilustrative pentru posibilitățile practice ale activităților terotehnice. Astfel este cazul frigiderelor la care operațiile de întreținere sînt practic neglijabile. De asemenea, un bun exemplu îl constituie articulațiile mecanismelor de direcție ale automobilelor moderne, care nu mai pretind operațiile periodice de gresaj, cel puțin între două reparații capitale ale automobilului. Întreținerea mai intervine doar prin operații de

Scanned with OKEN Scanner

control și înlocuire, esențial mai rapide și mai puțin costisitoare — operații efectuate la perioade de peste douăzeci de ori mai mari decît în cazul gresajului tradițional.

Pe baza unor realizări concrete, ca și a unor posibilități potențiale de mare anvergură cu rezultate avantajoase previzibile, *Terotehnica* poate asigura implicații economice de extrem de mare importanță, ceea ce îi acordă dreptul de a deține un rol major în activitățile tehnico-economice.

Recunoscînd faptul că produsele acestor activități pretind, în marea lor majoritate, întreținere costisitoare, se recunoaște implicit că nu s-a reușit ca aceste produse să fie concepute, realizate și utilizate în mod perfect, și că prin eforturi concentrate este mult, foarte mult loc pentru îmbunătățiri substanțiale. Tocmai în cadrul unei discipline noi cum este *Terotehnica*, acțiunile necesare se pot organiza, dezbate și realiza concret în condiții avantajoase.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul II. Sistemul întreţinerii

Definirea concretă a activităţilor cuprinse în întreţinere devine posibilă atunci cînd se precizează natura „produsului" care necesită întreţinere : maşini, întreprinderi industriale, echipamente etc. În mod firesc, date fiind condiţiile diferite şi anvergura deosebită a obiectului, natura întreţinerii poate fi foarte diferită, atît ca operaţii, cît şi ca locul în care acestea se prestează. De asemenea, structura organizatorică a întreţinerii devine dependentă de natura obiectului. Astfel, există deosebiri importante între întreţinerea unei uzine de maşini-unelte şi întreţinerea unui parc de autocamioane. Diferenţe importante apar şi între acest din urmă tip de întreţinere şi întreţinerea uzinei în care se fabrică autocamioanele. Firește, aceste diferenţe sînt urmarea faptului că „obiectul" întreţinerii este cu totul altul. În cazul uzinei de autocamioane, activităţile întreţinerii se depun pentru asigurarea disponibilităţii maşinilor de prelucrare, clădirilor, instalaţiilor şi echipamentelor în scopul realizării producţiei de autocamioane, în timp ce, în cazul parcului de autocamioane în exploatare, întreţinerea vizează menţinerea autocamioanelor în stare perfectă de funcţionare.

Cu toate deosebirile antrenate de natura particulară a obiectului de întreţinut, activităţile întreţinerii au o problematică comună, care în fond îşi găseşte sursa în scopul identic al întreţinerii : menţinerea în stare de funcţionare a obiectului.

Cititorul a înţeles că lucrarea de faţă nu tratează întreţinerea în toate detaliile sale, lucru de altfel imposibil în acest cadru datorită marii diversităţi de tipuri de întreţinere, specifice obiectului acesteia. Totuşi, cum problemele fundamentale ale întreţinerii, care sînt comune oricărui tip al acesteia, fac parte integrantă din *Terotehnică*, în cele ce urmează, acestea vor fi luate în studiu în vederea stabi-

Scanned with OKEN Scanner

lirii trăsăturilor specifice și a limitărilor existente, astfel încît integrarea întreținerii în activitățile terotehnice să-și capete un cadru definit.

Descriind în acest mod interesul față de întreținere, se mai precizează că, în același timp, interesează mai cu seamă activitățile ce se desfășoară pentru satisfacerea cerințelor unui obiect de mare anvergură — cu foarte multe componente — și care prin aceasta acordă întreținerii caracterul de sistem.

Examinarea activităților specifice întreținerii

Activitățile întreținerii, fiind destinate a asigura disponibilitatea obiectului căruia se aplică, cuprind toate operațiile necesare îndeplinirii acestui scop, operații care sînt specifice obiectului.

Astfel, întreținerea unei întreprinderi industriale cuprinde : întreținerea mașinilor, utilajelor și echipamentelor ; întreținerea instalațiilor și clădirilor ; instalarea noilor mașini și echipamente ; furnizarea de energie electrică, căldură, apă, aer comprimat etc. ; numeroase acțiuni secundare, ca de pildă : paza contra incendiilor, curățirea clădirilor și suprafețelor, gestiunea depozitelor etc.

Dacă obiectul întreținerii este un parc de autocamioane, sînt necesare : controlul zilnic al lubrifiantului și lichidului de răcire la motor, precum și al anvelopelor și instalației electrice (faruri, semnalizatoare etc.) ; controlul săptămînal al nivelurilor lubrifianților în cutia de viteze, diferențial etc. ; spălarea manuală și gresarea ; la fiecare două luni sau 8 000 km parcurși, controlul tehnic, mai ales privitor la siguranță ; la fiecare patru luni sau 16 000 km, control tehnic detaliat ; organizarea intrărilor în revizii și reparații ; vopsirea autovehiculului la fiecare patru ani.

Din înseși exemplele precedente se observă că, cu cît obiectul este mai definit, cu atît activitățile întreținerii pot fi descrise mai concret, luînd pînă la urmă de fapt structura unui program sau plan. Oricum, însă, activitățile pretind în plus personal calificat, materiale și unelte specifice. În plus, tot în sfera sistemului întreținerii este necesar să se organizeze evidența tuturor activităților proprii — atît ca operații, cît și ca cheltuieli. Toate acestea pretind preocuparea pentru organizarea întreținerii și controlul operațiilor de întreținere.

Scanned with OKEN Scanner

În ceea ce privește organizarea întreținerii, cu toate că nu se poate stabili un singur model — dată fiind diversitatea obiectelor — se pot totuși stabili coordonatele generale, comune ale acesteia, indiferent de natura și anvergura sistemului, ca de pildă : organizarea trebuie realizată cît se poate de suplă, pentru ca operațiile să fie realizate mai avantajos, mai repede și mai comod ; în același scop, organizarea pe verticală trebuie să fie cît mai puțin dezvoltată, pentru a nu crea funcții birocratice care împiedică desfășurarea operativă a intervențiilor ; organizarea trebuie să cuprindă numărul optim de cadre, care se determină de la caz la caz ; structura organizării și poziția sa în cadrul administrației din care face parte trebuie să evite imixtiuni cu alte compartimente, să asigure — din contra — colaborare eficientă între ele.

Firește, de reușita organizării în sensul arătat depind într-o măsură decisivă realizările oricărui tip de întreținere.

Organizarea întreținerii eficiente impune cunoașterea exactă a situației existente, precum și a posibilităților pe care se poate conta.

Un bun exemplu în acest sens îl oferă lista de informații ce urmează, întocmită pentru o uzină, după [41] :

1. Există un inventar exact al utilajului și este acesta disponibil pentru unitatea de întreținere ? Întrebarea este de multe ori pe deplin justificată, deoarece nu întotdeauna există registre de inventar corect întocmite, ținute la zi, sau, dacă există, acestea pot fi sub forme diferite — de la cartotecă la bandă de calculator ; oricum, aceste informații reprezintă baza planificării întreținerii.

2. Se folosește sistem planificat de întreținere și care sînt sectoarele în care se aplică ? La această întrebare mai trebuie adăugate informații suplimentare despre existența eventuală a unui sistem separat de întreținere, destinat activităților ce implică pericole, precum și despre planificarea eventuală a extinderii controlului (v. punctul 9).

3. Care este componența unității de întreținere și cum este, eventual, repartizată în : întreținere și reparații curente, întreținere planificată, întreținere în caz de avarii ? Aici se încearcă stabilirea raporturilor dintre diferite tipuri de întreținere, precum și implicit însăși necesitatea prevederii tipurilor de întreținere menționate.

4. Ce tendințe s-au observat în ultimii 4—6 ani referitor la : bugetul general al întreținerii, perioadele de întrerupere a produc-

Scanned with OKEN Scanner

ției, raporturile în procente de la punctul precedent. Pentru stabilirea dinamicii cheltuielilor într-o perioadă următoare ar mai trebui obținute răspunsuri și la alte întrebări, ca de exemplu : ce măsuri s-au luat pentru controlul situației și cu ce cheltuieli ? Cum se apreciază durata întreruperilor în producție ? S-a prevăzut amortizarea utilajului învechit ? Există preocupare pentru îmbunătățirea raporturilor de la punctul precedent ?

5. Planificarea reviziilor generale și a întreținerii preventive este cuprinsă în planificarea întreținerii întreprinderii ?

6. Există relații efective între producție și întreținere ?

7. Care sînt cheltuielile pentru : munca suplimentară, în afara programului de lucru a personalului de întreținere ; unitatea de întreținere, pe bază de contracte. Aceste trei puncte prezintă interes deoarece : pe de o parte, reviziile generale periodice fac parte integrantă din întreținerea preventivă planificată și, pe de altă parte, relațiile bune menționate pot duce la reducerea orelor de muncă prestată în afara programului de lucru. În anumite situații, de strictă necesitate, planificarea poate să recurgă și la subcontractarea lucrărilor de întreținere.

8. Ce investiții are întreprinderea în echipamentul de rezervă din depozit ? Răspunsul la această întrebare dă posibilitatea realizării îmbunătățirii situației pieselor de schimb.

9. Există prevederi bugetare pentru acțiuni de îmbunătățire a întreținerii ? Din diferite motive, se neglijează posibilități existente de modernizare a operațiilor întreținerii : diagnosticare rapidă a defectelor, organizarea rațională a depozitului de piese de schimb etc. Din toate acestea rezultă scurtări apreciabile ale duratelor de întrerupere a producției, deci economii substanțiale.

10. Care este pregătirea personalului de întreținere ? De obicei neglijate, pregătirea și perfecționarea personalului de întreținere are un rol de prim ordin în rentabilizarea întreținerii.

Odată cunoscute datele activităților de întreținere, devine posibilă organizarea rațională a acestora, precum și elaborarea planurilor corespunzătoare — problemă ce se va arăta mai departe.

În ceea ce privește controlul operațiilor de întreținere, al cărui rol este major pentru calitatea și economicitatea întregului sistem de întreținere, ca și pentru întreaga întreprindere — se pot arăta aici domeniile mari în care acesta trebuie exercitat :

Costul întreținerii. Evidența exactă a cheltuielilor în activitatea de întreținere curentă permite aprecierea acestora în cadrul total al producției. De asemenea, devine posibilă și rentabilizarea întreținerii.

Scanned with OKEN Scanner

Cuantumul cheltuielilor de întreţinere şi procentul acestora în producţie depind de tipul întreţinerii. Astfel, în cazul unei uzine prelucrătoare, pe măsură ce gradul de automatizare creşte, cheltuielile de întreţinere cresc din cauza complexităţii mai mari a maşinilor. Costul întreţinerii creşte mai ales ca proporţie faţă de costul producţiei, deoarece folosirea maşinilor cu productivitate superioară tinde să micşoreze cheltuielile totale.

Trebuie cunoscute şi costurile indirecte, ca de pildă costul întreruperii producţiei în care se cuprind : cheltuielile de reparaţii, de investiţii, pierderile în producţia proprie, acelea aferente întîrzierii livrărilor, cele provocate de oprirea altor maşini care nu mai au piese de prelucrat etc. Aceste pierderi trebuie cunoscute temeinic, deoarece analizele efectuate au arătat că acestea sînt cu mult mai mari decît cheltuielile directe.

Este prin urmare extrem de necesar de a se stabili influenţa întreţinerii asupra costului total al fabricaţiei. Acest deziderat impune exercitarea unui control riguros al cheltuielilor întreţinerii şi prelucrarea acestora în vederea îmbunătăţirii generale a producţiei.

Supravegherea lucrărilor de întreţinere în aşteptare. Lucrările în aşteptare (care au fost semnalate, dar nu încă începute) trebuie ţinute în evidenţă deoarece, pe de-o parte, se vor cunoaşte necesităţile de amplificare a sistemului întreţinerii, iar, pe de altă parte, se poate întocmi o ierarhizare după urgenţă, fiind evident faptul că intervenţia într-un loc care blochează producţia este prioritară.

Problemele întreţinerii preventive. Necesitatea unei întreţineri preventive şi eficienţa sa pot fi susţinute doar prin experimentarea acesteia şi pe baza unei evidenţe exacte atît a cheltuielilor specifice întreţinerii preventive, cît şi a economiilor realizate prin utilizarea acestora din urmă. Cu toate acestea, există numeroase exemple care atestă influenţele pozitive asupra tuturor cheltuielilor, ceea ce reprezintă de fapt îndemnul principal de folosire a întreţinerii preventive.

Stabilirea calităţilor personalului de întreţinere. Cu toate dificultăţile inerente unei astfel de operaţii — şi poate chiar din acest motiv — eficienţa personalului de întreţinere trebuie constatată prin metodologii convenabile, de altfel destul de simple atunci cînd se folosesc planuri şi programe calendaristice pentru activităţile de întreţinere.

Determinarea calităţilor produsului. Odată cu aplicarea exactă a întreţinerii — şi mai ales a celei preventive — evidenţele acesteia permit recoltarea datelor necesare şi suficiente pentru determinarea calităţii produsului întreţinut.

Scanned with OKEN Scanner

Strategia interioară a sistemului întreţinerii

Scopul final al oricărui sistem de întreţinere este acela de a acorda obiectului căruia i se aplică o cît mai mare disponibilitate. Cu toate că noţiunea de disponibilitate este destul de clară, pentru a avea un înţeles comun, aceasta se defineşte aici drept „proporţia din durata totală de existenţă în care obiectul în cauză este potrivit pentru a fi folosit".

Disponibilitatea unui produs depinde de mulţi factori, unii cuprinşi în însuşi produsul, alţii exteriori acestuia. Astfel, în fig. 4 se arată o schemă ce cuprinde factorii principali care concură la stabilirea disponibilităţii. Fiabilitatea produsului este un factor decisiv în ceea ce priveşte mărimea disponibilităţii. Firește, fiabilitatea realizată a produsului este rezultatul mai ales al activităţii compartimentului de concepţie, dar în foarte mare măsură aceasta este şi rezultatul modului în care beneficiarul exploatează şi întreţine produsul. Întreruperile de funcţionare (indisponibilitatea) au o durată care depinde de timpul necesar remedierilor, ca şi de întîrzierile ce pot apărea prin aşteptare, lipsa de piese de schimb şi de utilaje, transport la şi de la atelierele de reparaţii etc. Durata reparaţiilor este dependentă de mentenabilitatea produsului — şi aceasta o calitate incorporabilă la nivelul concepţiei — precum şi de procedeele tehnologice disponibile pentru reparaţii.

Sarcina sistemului de întreţinere este deci aceea de a reduce duratele de întrerupere a funcţionării. Pentru rezolvarea acestei

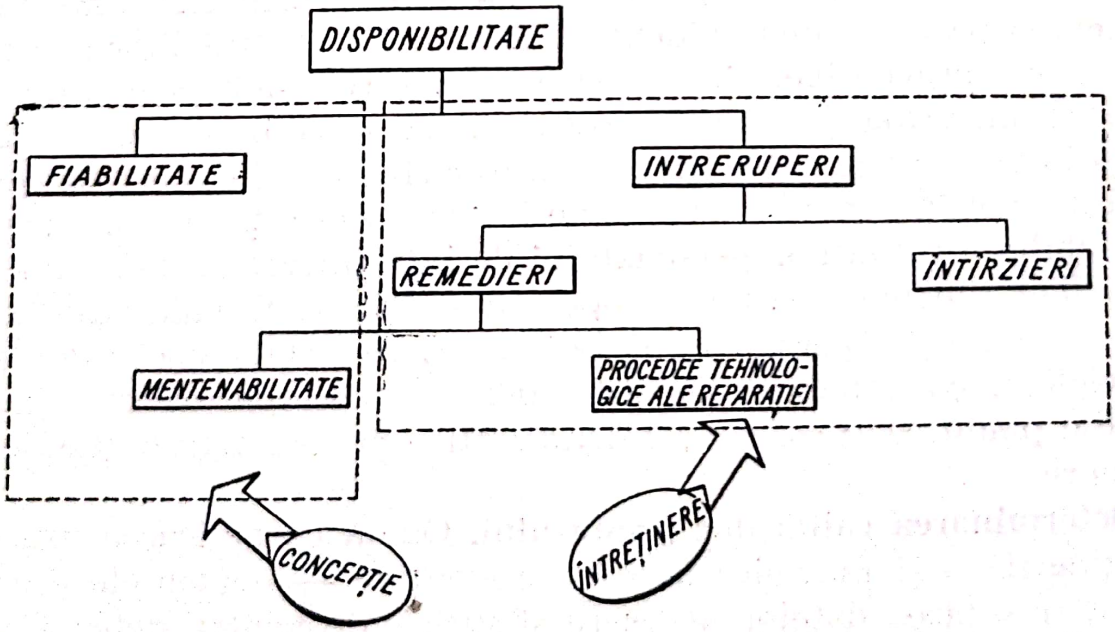


Fig. 4.

Scanned with OKEN Scanner

sarcini, strategia activităţilor de întreţinere oferă două variante : *întreţinerea corectivă* şi *întreţinerea preventivă.*

Întreţinerea corectivă cuprinde activităţile de remediere a defecţiunilor şi de înlocuire a pieselor uzate sau deteriorate — ambele activităţi se depun cu ocazia producerii penelor — precum şi activităţile de revizie şi de reparaţie. Uneori operaţiile de reparaţie se includ în al doilea tip de întreţinere, mai ales dacă sînt provocate de controlul executat la întreţinerea preventivă.

Întreţinerea preventivă cuprinde activităţile destinate împiedicării şi reducerii uzurilor, menţinerii produsului în bună stare de funcţionare, cu scopul de a evita întreruperile incidentale.

Pentru simplificarea exprimărilor în continuare, cele două tipuri de întreţinere vor fi notate ori de cîte ori este necesar prin CORMENT şi PREMENT (terminaţia MENT de la mentenanţă=întreţinere, COR de la corectiv şi PRE de la preventiv).

Înainte de a încerca elaborarea unei sinteze asupra problemelor ce interesează lucrarea de faţă din domeniul celor două tipuri de întreţinere, este util să se precizeze corelaţiile dintre acestea, precum implicaţiilor lor asupra cheltuielilor totale ale sistemului întreţinerii.

Practica activităţilor de întreţinere a demonstrat că soluţia optimă a întreţinerii este aceea a unui sistem care cuprinde ambele tipuri de întreţineri. Prin urmare, obiectivul este acela de a stabili astfel de relaţii, în cadrul sistemului, între PREMENT şi CORMENT încît — în funcţie de natura şi condiţiile specificului obiectului de întreţinut — să se realizeze cele mai reduse cheltuieli totale de întreţinere.

Optimizarea costului întreţinerii se poate prezenta în diferite forme. În fig. 5 s-a preferat ca această prezentare să fie ilustrată în funcţie de criteriul fundamental al eficienţii întreţinerii : disponibilitatea, care s-a definit mai înainte. Se observă că amplificarea activităţilor PREMENT — şi deci majorarea cheltuielilor aferente acesteia — reduce cheltuielile CORMENT, precum şi cele indirecte provocate de pierderile producţiei generate de întreru-

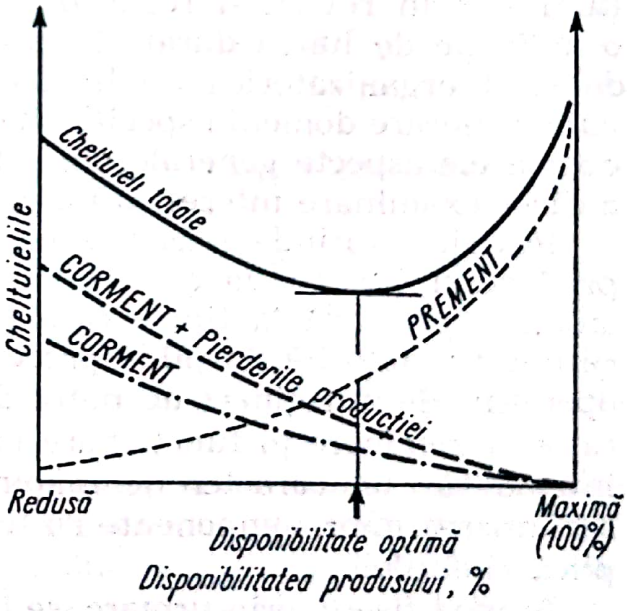


Fig. 5.

Scanned with OKEN Scanner

peri, chiar pînă la anularea acestora, situație în care — măcar teoretic — disponibilitatea produsului pentru utilizare este totală (100%), dar cu cheltuieli de PREMENT extrem de mari. Firește, rentabilizarea sistemului obligă la realizarea situației în care cheltuielile totale de întreținere au valoarea minimă. Această situație definește disponibilitatea optimă a produsului. Se înțelege că aceasta din urmă trebuie să aibă o valoare acceptabil de ridicată. În caz contrar, cînd valoarea disponibilității corespunzătoare valorii minime a cheltuielilor de întreținere este inacceptabil de redusă — caz, din păcate, constatat destul de frecvent de analizele efectuate asupra sistemelor întreținerii — atunci întreg sistemul trebuie regîndit, pe bazele unei noi concepții care să cuprindă tehnologii noi, materiale noi, mijloace automate de administrarea datelor etc. În aceeași ordine de idei, este util a se atrage atenția asupra faptului că, pentru stabilirea concretă a cheltuielilor care intră în calculele optimizării arătate, trebuie depusă o atenție cu totul deosebită în recoltarea datelor de bază. În adevăr, în multe sisteme de întreținere s-a constatat lipsa a numeroase date necesare și — ceea ce este și mai important de reținut pentru corectitudinea calculelor — multe date s-au dovedit inexacte, fie eronate din neglijență, fie cuprinzînd cheltuieli străine sistemului întreținerii.

Întreținerea corectivă — CORMENT

Obiectivele întreținerii corective, ca și definirea sa, au fost precizate mai înainte, referindu-se cu precădere la înlăturarea defecțiunilor prin revizii și reparații. Aceste din urmă activități cunosc o aplicație de lungă durată în care s-a acumulat experiență metodologică, organizatorică și tehnologică. Presupunîndu-le drept cunoscute în fiecare domeniu specific, lucrarea de față își propune să rețină doar acele aspecte generale din activitățile de revizie și de reparații a căror examinare interesează din punct de vedere terotehnic.

Revizia cuprinde măsurile ce trebuie luate în vederea punerii produsului în situația de a-și continua utilizarea normală, după o anumită perioadă la finele căreia calitățile sale nu mai corespund cerințelor, datorită de pildă procesului de uzare. În același timp și operațiile de întreținere au putut deveni numeroase și scumpe. Operația de repunere în funcționare la calitățile prescrise — revizia are într-adevăr un caracter de înnoire a produsului — pretinde deci schimbarea unor componente cu unele noi sau reparate, ceea ce implică cheltuieli.

În mod firesc, prin urmare, se impune cunoașterea exactă a cheltuielilor efectuate la revizie, precum și compararea acestora cu costul

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

variantei de a renunța la revizie și a înlocui produsul integral cu altul nou. Nu rareori o astfel de variantă este mai avantajoasă din punct de vedere economic decît organizarea reviziilor. Uneori chiar, constructorul sau unitatea de desfacere răscumpără produsul ajuns la termenul de revizie, la o parte din prețul său inițial, livrînd deci produsul nou la un preț mai scăzut. Recondiționarea produsului răscumpărat poate fi realizată astfel încît acesta să fie pus din nou în vînzare, dar la prețuri mai scăzute, după cum se poate întîmpla ca alternativa recuperării metalelor, accesoriilor etc. să fie mai avantajoasă și atunci se procedează în acest sens. Un exemplu : o întreprindere de exploatarea autotaxiurilor urbane constată că după parcurgerea a 200 000 km este mai avantajoasă scoaterea din circulație și înlocuirea cu un autovehicul nou, decît trimiterea în reparație capitală. Decizia asupra variantei optime se ia în baza calculelor cheltuielilor de revizie : costul pieselor de schimb și al materialelor, costul manoperei, costul corespunzător pierderilor prin imobilizarea produsului în durata reviziei, celelalte cheltuieli indirecte. Un rol important trebuie să-l joace în luarea deciziei experiența acumulată și informațiile disponibile despre calitatea reviziei. Într-adevăr, în unele cazuri cheltuielile de întreținere a produsului ieșit din revizie pot fi mai reduse decît ale produsului nou, dacă revizia a fost făcută impecabil ; după cum în alte cazuri — și anume cînd revizia nu a fost efectuată îngrijit — duratele opririlor din funcționare, cheltuielile cu piese suplimentare de schimb, supraconsumurile de materiale, de energie etc. pot demonstra că — măcar pentru o perioadă de timp și în anumite condiții date — decizia trebuie luată în sensul renunțării la revizie, al înlocuirii produsului uzat cu unul nou. Această variantă este de considerat mai ales ori de cîte ori evoluția calităților produsului este rapidă și deci înnoirea înseamnă și obținerea de produse perfecționate.

În ceea ce privește tehnologia reviziilor trebuie semnalate cîteva observații de interes deosebit :

— operațiile reviziilor să fie studiate în vederea planificării optime a acestora prin metode moderne ca PERT sau CPM ; în tabelul 2 se arată descrierea operațiilor la revizia unui grup pompă-turbină și în fig. 6 planificarea acestora prin metoda drumului critic (CPM — Critical Path Method) ;

— operațiile reviziilor, odată stabilite, să fie consemnate în documente similare celor de producție, cum sînt planurile de operații, astfel încît calitatea reviziei și controlul să poată fi realizate în condiții optime de la demontare pînă la montare și punerea finală în funcționare ;

Tabelul 2

Revizia unui grup pompă-turbină

Operaţiile	Descrierea operaţiei
1—2	Controlul echipamentului electric al pompei
2—3	Reconstituirea şi calibrarea tuturor jojelor
2—5	Demontarea pompei — partea superioară
2—9	Demontarea turbinei — partea superioară — şi ridicarea rotorului
3—4	Curăţirea tuturor jojelor şi controlul circuitelor
4—19	Punerea la loc a jojelor
5—6	Verificarea sistemului de ungere
5—7	Reconstruirea roţii cu palete
5—8	Curăţirea pompei
6—8	Fixarea palierelor pompei — partea superioară
7—8	Echilibrarea roţii cu palete
8—15	Punerea la loc a roţii cu palete
9—10	Reconstruirea rotorului turbinei
9—11	Prelucrarea palierelor turbinei
10—12	Echilibrarea rotorului turbinei
11—12	Ajustarea palierelor turbinei
12—13	Punerea la loc a rotorului turbinei
13—14	Remontarea turbinei — partea superioară
14—18	Încercarea componentelor
14—19	Verificarea toleranţelor
15—16	Fixarea palierelor pompei — partea superioară
16—17	Remontarea părţii superioare a pompei
17—19	Instalarea garniturii arborelui
19—20	Control final

Scanned with OKEN Scanner

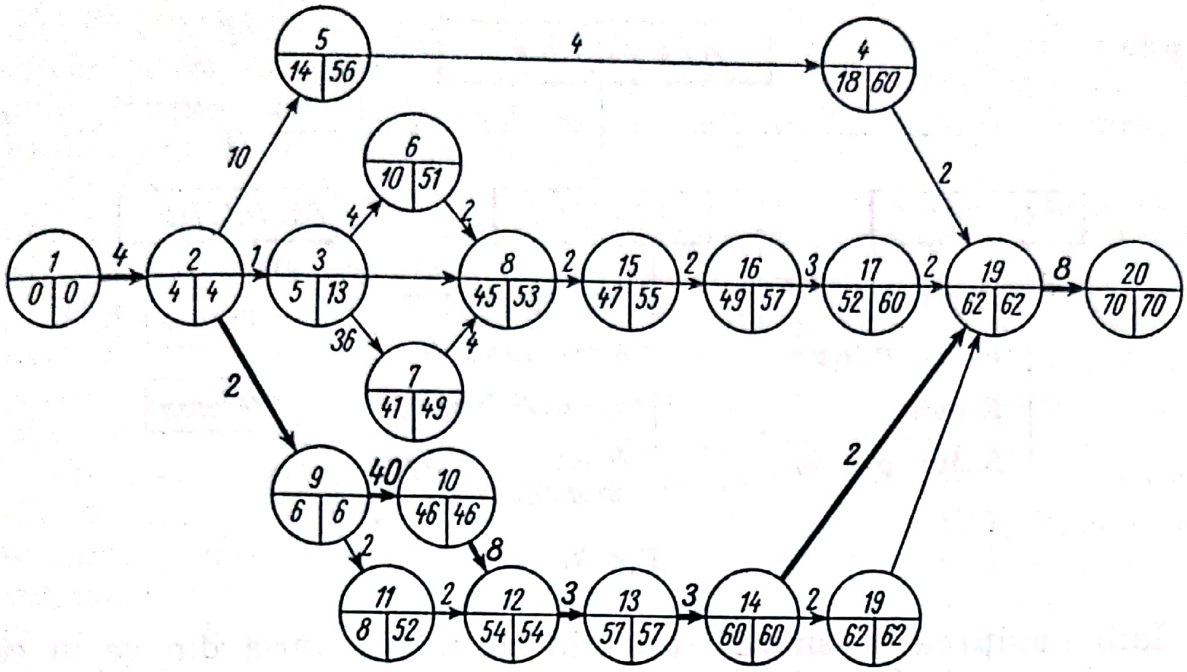


Fig. 6.

— cu ocazia demontării produsului, este de o importanţă majoră să se stabilească motivele uzării şi deteriorării componentelor iar cauzele să se consemneze şi să fie utilizate pentru remediere.

Reparaţia intervine atît atunci cînd operaţiile de revizie o impun, cît şi cu ocazia avariilor neprevăzute.

Una dintre problemele principale ale reparaţiilor, ca element de vază al întreţinerii corective, este aceea a organizării acestora. Astfel, întreg ansamblul operaţiilor de CORMENT — inclusiv reparaţiile — poate fi centralizat sau descentralizat, ambele variante prezentînd avantaje caracteristice tipului şi mărimii producţiei sau produsului, disponibilităţii de personal calificat, de scule specifice, de piese de schimb etc.

În ceea ce priveşte poziţia întreţinerii în cadrul unei întreprinderi, important se dovedeşte a fi ca aceasta să-şi aibă statutul său propriu în structura organică a întreprinderii, precum şi autoritate şi independenţă suficiente pentru desfăşurarea activităţii sale. Pentru întreprinderile mici, se acceptă uneori ca serviciul de întreţinere să depindă direct de compartimentul producţiei (fig. 7) şi în general conducerea întreţinerii nu se bucură de serviciile planificării şi concepţiei. O astfel de situaţie a generat o serie de deficienţe, ca : opriri dese ale maşinilor, volum mare de reparaţii cu caracter urgent efectuate cu personalul din producţie, calitate necorespunzătoare a întreţinerii şi a reparaţiilor, personal cu calificare şi pregătire necorespunzătoare etc.

Scanned with OKEN Scanner

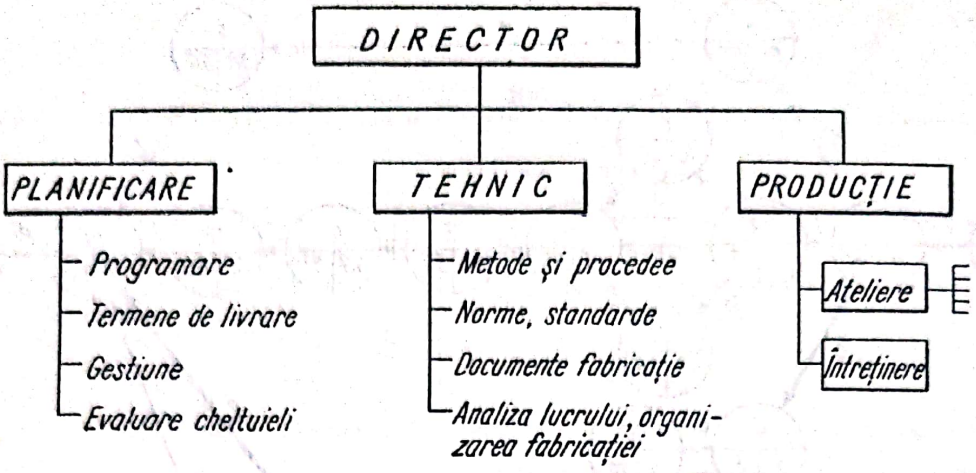


Fig. 7.

Îmbunătățirea organizării întreținerii este impusă din ce în ce mai stringent de factori ca : mecanizarea și automatizarea crescute, care pretind operații mai multe de întreținere, precum și personal de înaltă calificare datorită măririi complexității utilajelor ; agravarea implicațiilor pe care le au întreruperile în producția înzestrată cu mijloace automate etc. Cheltuielile mari provocate de organizarea proastă a întreținerii au determinat în multe întreprinderi — mici și mijlocii — trecerea serviciului de întreținere la același nivel cu cele de planificare, tehnic și producție, ceea ce îi permite să obțină servicii auxiliare de planificare și tehnice, ca și serviciul producției.

Pentru întreprinderile mari, dar în prezent din ce în ce mai frecvent pentru oricare mărime sau tip de întreprindere, se promovează utilizarea tipului de organigramă ilustrat de fig. 8. În acest mod,

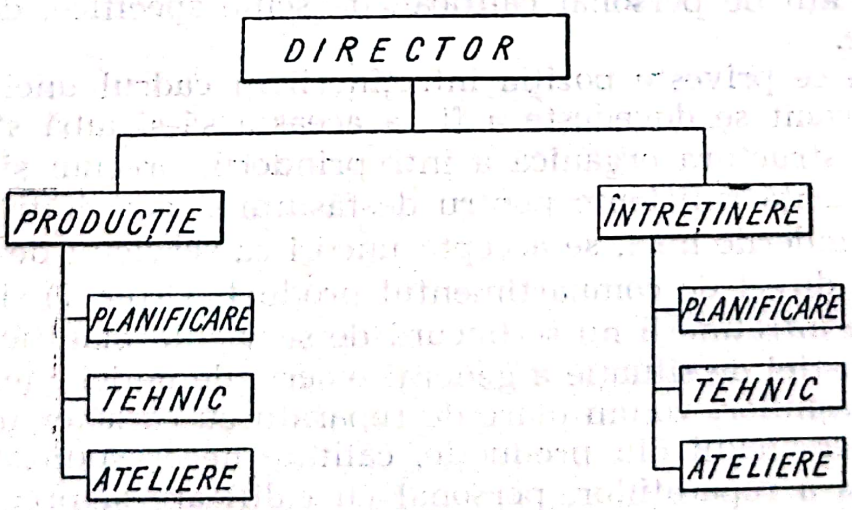


Fig. 8.

metodele organizării industriale, ce se folosesc curent în producție, devin accesibile și întreținerii : organizare, tehnologii specifice, calculul timpilor de lucru, programare, formarea și perfecționarea cadrelor, controlul cheltuielilor etc.

În ceea ce privește reparațiile produselor intrate în posesia beneficiarilor, problemele sînt și mai dependente de natura produselor, de numărul acestora, de aria în care se găsesc răspîndite etc.

Firește, pentru obiectele de mare anvergură — și îndeobște puține ca număr într-o zonă mare — reparația „in situ" (la locul în care se găsește obiectul) devine singura rentabilă. Acesta este cazul cazanelor de aburi, turbinelor, motoarelor foarte mari etc.

În cazul produselor transportabile fără cheltuieli obiecționabile și reparabile prin tehnologii de serie, reparația în unități specializate se impune de la sine, cum se procedează pentru produse ca : autovehicule rutiere, tractoare, locomotive, televizoare, frigidere, radiouri etc. Numărul și amplasamentul unităților de reparații se determină după criteriile firești în astfel de cazuri. Cu toate acestea, tactica organizării acestui gen de reparații a căpătat recent o sugestie interesantă din partea serviciilor de reparații ale autovehiculelor militare [5]. Astfel, experiența acumulată a arătat că centrul de greutate al reparațiilor se efectuează în pozițiile avansate (pe locul unde se găsește sau în vecinătatea imediată) mai degrabă decît în baza de reparații, ceea ce evită transportul și asigură o mai mare flexibilitate. Cu toate dificultățile numeroase care stau în calea aprecierii capacității reale de reparații în poziție avansată, precum și capacității planificate — în caz de urgență — ambele capacități pot fi apreciate destul de satisfăcător. Efectul celor două metode de reparații (poziție avansată și bază) asupra disponibilității autovehiculelor este arătat în fig. 9, în funcție de raportul celor două capacități de reparații : reală și planificată. Se observă că ambele metode de reparații conduc la același nivel de disponibilitate a autovehiculului atunci cînd capacitatea reală de reparații este egală cu cea planificată. Atunci cînd activitatea de reparații crește, gradele de disponibilitate scad pentru ambele metode, dar mult mai pu-

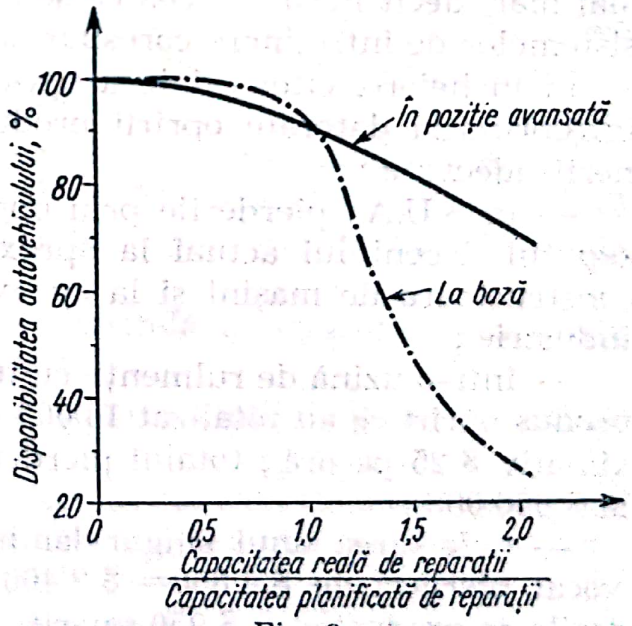


Fig. 9.

Scanned with OKEN Scanner

ţin grav în cazul reparaţiilor în poziţie avansată. Acest exemplu poate folosi pentru analiza oricărui sistem de organizare, care poate accepta ambele genuri de raparaţii : „in situ" sau în ateliere centrale.

Piesele de schimb şi materialele pentru întreţinere — atît corectivă cît şi preventivă — au un rol hotărîtor în asigurarea fiabilităţii produsului în utilizare. Se cunoaşte faptul că stabilirea stocului optim de piese de schimb — prea mare, imobilizează fonduri, iar prea mic, conduce la opriri şi pierderi mari — depinde de un mare număr de factori. Totuşi, în toate cazurile, lucrul principal este de a reuşi o cît mai perfectă echilibrare a întreţinerii. De asemenea, de aceeaşi valoare este stabilirea unui program coerent de întreţinere preventivă, deoarece în acest fel se micşorează stocul de piese de schimb prin reducerea consumului acestora. Experienţa acumulată a dovedit că lipsa pieselor de schimb în momentul necesar antrenează pierderi care, însumate, depăşesc cu mult costul pieselor de schimb. S-a mai dovedit că înlocuirea la timp a pieselor defecte antrenează o mutaţie favorabilă a componentelor stocului. Astfel, în cazul unor motoare diesel de locomotive, s-a constatat că aproape 38% din stocul total poate fi considerat drept curent, restul acuzînd o mişcare foarte înceată. La această situaţie a contribuit în foarte mare măsură creşterea fiabilităţii motoarelor datorată schimbării la timp a pieselor defecte, ceea ce a micşorat suprasolicitarea altor componente şi deci a redus cererea de schimbare a acestora din urmă.

Analizele efectuate au dovedit că lipsa pieselor de schimb reprezintă un obstacol major în multe ţări în curs de dezvoltare [40]. În unele cazuri s-au constatat consumuri de piese de schimb de trei ori mai mari decît normal, ceea ce se explică prin neglijarea organizării sistemelor de întreţinere corespunzătoare.

În încheiere, cîteva date asupra pierderilor raportate de diferite întreprinderi datorate opririi producţiei provocate de lipsa întreţinerii adecvate :

— în S.U.A., pierderile prin oprirea maşinilor s-au ridicat la începutul deceniului actual la aproximativ $ 18 pe oră în industria constructoare de maşini şi la aproximativ $ 58 pe oră ca medie pe industrie ;

— într-o uzină de rulmenţi, cu un parc de 300 maşini-unelte, s-au produs opriri ce au totalizat 18 000 ore anual, cu o pierdere de aproximativ $ 25 pe oră ; totalul pierderilor uzinei s-a ridicat în acel an la $ 800 000 ;

— defectarea unui singur laminor dintr-o mare oţelărie a provocat pierderi de $ 4 850 = $ 2 400 costul reparaţiei + $ 1 500 pierderile de producţie + $ 950 salarii.

Scanned with OKEN Scanner

Întreţinerea preventivă — PREMENT

Obiectivele întreţinerii preventive ca şi definirea aecsteia au fost arătate mai înainte. În principiu, acest tip de întreţinere se efectuează în vederea menţinerii produsului în bună stare de funcţionare, evitînd întreruperile. Ca şi în cazul întreţinerii corective, se presupune că cititorul este familiarizat şi cu acest tip de întreţinere, reţinînd în continuare doar cîteva aspecte care vor servi pentru fundamentarea principiilor terotehnice.

După cum s-a mai menţionat, PREMENT bine aplicată are drept consecinţe reducerea cheltuielilor CORMENT şi ale cheltuielilor totale ale întreţinerii. De pildă, CORMENT poate fi aplicată nu numai cînd aceasta devine inevitabilă, ci într-o perioadă favorabilă în care nu se produc întreruperi de funcţionare a produsului. În plus, economiile realizate prin PREMENT raţional organizată depăşesc cu mult cheltuielile aferente acestui tip de întreţinere. Sursa principală a acestei situaţii rezidă în micşorarea întreruperilor şi aceasta cu atît mai mult, cu cît produsul este mai complex şi mai scump. În astfel de cazuri, costul întreruperii creşte vertiginos din minut în minut, pierderile devenind totale prin oprirea întregii producţii, cum este cazul pe liniile moderne de transfer.

Datele disponibile arată că, pînă în prezent, nu s-a acordat atenţia necesară instituirii programelor de întreţinere. Se pare că motivul principal al acestei împrejurări este necunoaşterea avantajelor întreţinerii preventive. Acestea din urmă sînt :

— reducerea sau chiar evitarea întreruperilor neprevăzute, ale opririlor în exploatare, datorită micşorării număului de pene, ceea ce are ca efect eliminarea pierderilor la desfacere sau în prestaţii, deci pînă la urmă în creşterea încasărilor ;

— înlocuirea reparaţiilor provocate de defecţiuni, nerentabile, cu întreţinere programată şi deci eficientă, ca urmare a faptului că se creează condiţii pentru o mai bună executare a operaţiilor de reparaţii ;

— rentabilizarea într-o măsură sensibilă a reparaţiilor, datorită efectuării de mici reparaţii pe parcurs ;

— reducerea duratei reparaţiilor şi a cantităţii de piese de schimb necesare ;

— productivitate ridicată sau prestaţii de calitate superioară, datorită eliminării risipei şi rebuturilor sau deteriorării calităţilor funcţionale ale produsului ;

— nivel mai ridicat al siguranţei de funcţionare.

Scanned with OKEN Scanner

Un exemplu de aplicare a întreţinerii preventive la un parc de 3 800 autobuze urbane [32] este arătat în anexa I.

Examinarea cîtorva exemple a demonstrat faptul că nu poate exista o schemă unică, standard, de PREMENT, deoarece nu există în fapt două întreprinderi sau parcuri de produse perfect identice. Tipul serviciului de PREMENT diferă de la o ţară la alta, de la o ramură industrială la alta chiar în aceeaşi ţară şi chiar de la o întreprindere la alta, ambele din aceeaşi ramură industrială economică ; un program de PREMENT care s-a dovedit potrivit şi rentabil pentru un caz poate deveni greşit, complet nerentabil în alt caz. S-a ajuns la certitudinea că programul PREMENT trebuie „croit" pe măsura cazului în speţă. Elaborarea şi punerea în lucru a unui serviciu de PREMENT trebuie să ia în considerare aspectele tehnice şi mai ales cele economice. De fapt nu este greu să se elaboreze un program de întreţinere tehnică, dar este absolut necesar să se studieze influenţele asupra costului de fabricaţie pe care le introduc toţi factorii cuprinşi în programul de PREMENT. Nu este deloc uşor să se stabilească imediat nivelul economic optimal al întreţinerii şi disponibilităţii produselor. Din astfel de motive, experienţa a arătat că programul de întreţinere elaborat trebuie introdus treptat. Uneori, optimizarea se stabileşte chiar pe această cale : crescînd progresiv întreţinerea pînă cînd se produce o astfel de creştere a cheltuielilor care nu mai antrenează o reducere cel puţin echivalentă a costului de fabricaţie.

După stabilirea unei proporţii juste între cele două tipuri de întreţinere, programul PREMENT pretinde — în vederea realizării sale practice — elaborarea unor instrucţiuni clare pentru operaţiile de întreţinere. Desigur, tipurile instrucţiunilor depind de natura obiectului de întreţinut. Astfel, de pildă pentru o unitate industrială dotată cu maşini-unelte, tipurile principale de instrucţiuni privesc : instalarea şi reglarea ; manipularea şi ungerea ; reviziile mici ; reviziile generale ; controlul preciziei.

În anexa II se arată un exemplu de instrucţiuni pentru PREMENT la o uzină de tractoare [34].

Elaborarea unor programe PREMENT şi folosirea corectă a acestora are un rol capital în reducerea consumului de piese de schimb şi la aprecierea momentului exact de schimbare a elementelor principale ale maşinii. De aceea, activităţile PREMENT reprezintă măsuri de o importanţă majoră pentru rentabilizarea fabricaţiei şi exploatării, mai ales în ţările în curs de dezvoltare, unde de obicei lipseşte experienţa acumulată şi tradiţia industrială şi de exploatare.

Scanned with OKEN Scanner

Problemele factorilor umani

Ca şi în orice alte activităţi, omul exercită o influenţă hotărîtoare asupra desfăşurării şi eficienţei lucrărilor. Elementele principale ale factorilor umani în întreţinere sînt : calificarea personalului ; instruirea personalului (pregătirea şi perfecţionarea) ; disciplina ; experienţa acumulată şi autoritatea personală ; aptitudinile pedagogice.

Dacă în trecut uneori lucrările de întreţinere erau privite drept „un rău necesar", iar personalul angajat în aceste lucrări nu era tratat cu atenţia necesară, în prezent punctele de vedere s-au schimbat fundamental. La schimbarea opticii au contribuit în mod esenţial analizele efectuate în întreprinderi şi în exploatare, care au stabilit cuantumul cheltuielilor totale, ponderea mare a celor de întreţinere şi posibilităţile de reducere a acestora prin rentabilizarea întreţinerii.

Statisticile arată că, de pildă în S.U.A., 61% din întreprinderi nu posedă programe de pregătire pentru cadrele din întreţinere. În tabelul 3 se arată, în procente, situaţia unor ramuri industriale în ceea

Tabelul 3

Ramura industrială	Numărul întreprinderilor, în %, care au programe					Fără programe
	Programe pe 2 ani	Programe pe 3 ani	Programe pe 4 ani	Programe diverse	Total	
Chimie	12	10	32	1	55	45
Produse metalice	11	1	19	1	32	68
Alimente	15	4	23	4	46	54
Hîrtie	5	8	38	8	59	41
Cauciuc-plastice	0	4	12	4	20	80
Materii prime	4	17	46	4	71	29
Maşini	0	4	9	0	13	87
Echipamente electrice	14	0	9	0	23	77
Electronică	5	5	5	0	15	85
Sticlă	5	5	37	0	47	53
Media	9	6	24	3	42	58

ce priveşte programele de pregătire a cadrelor. Se observă că, în medie, pentru ramurile examinate mai mult de jumătatea întreprinderilor cuprinse nu posedă program de pregătire pentru cadrele de întreţinere.

Industrializarea ţărilor în curs de dezvoltare a dezvăluit şi mai pregnant necesitatea absolută a planificării şi programării sistemelor

Scanned with OKEN Scanner

de întreținere. În acest cadru, pregătirea profesională a cadrelor s-a dovedit a fi de fapt cea mai importantă problemă. Preocupări intense se remarcă atît în diferite state, cît și în organismele de specialitate ale ONU, în special ONUDI (Organizația Națiunilor Unite pentru Dezvoltare Industrială). Cererile pentru elaborarea programelor de instruire au devenit numeroase și sînt cerute de urgență.

Pregătirea tehnică a muncitorilor este problema principală a instruirii cadrelor de întreținere. Lipsa de muncitori *calificați* pentru întreținere este acută aproape în toate țările. Diversificarea și specializarea mijloacelor de producere, ca și ale produselor, nu permit realizarea unui singur program de instruire. În afară de principiile funcționale și elementele constructive ale produsului, trebuie să fie cunoscute procedeele tehnologice specifice, noțiuni de metalurgie, toleranțe, aparate de măsură, sudare etc. De cele mai multe ori devin necesare cunoștințe aprofundate de electrotehnică, de tehnica montajului, de mașini hidraulice etc. Sînt necesare cunoștințe de matematică, de desen industrial pentru a putea întocmi calculele necesare și citi desenele, diagramele etc.

În unele țări s-au organizat cursuri de 3 ani pentru muncitori de întreținere în anumite ramuri industriale. În mare, structura pregătirii constă din :

— în anul 1 : folosirea sculelor de mînă și a mașinilor simple (strunguri, mașini de găurit, de frezat etc.) ; cunoștințe teoretice de matematică, tehnologia construcției de mașini, desen industrial etc. ;

— în anul 2 : se lucrează direct în atelierele de întreținere ca ajutoare ale muncitorilor calificați, participîndu-se la lucrări de revizie ; se continuă pregătirea teoretică ;

— în anul 3 : reparații efectuate fără ajutor, ca un început de integrare în lucrările calificate ; se continuă instruirea teoretică.

După absolvirea cursurilor de 3 ani, cadrele pot fi repartizate în atelierele de întreținere-reparații pentru o durată de un an sau direct la întreținerea produselor în funcționare. Absolvenții, ca și muncitorii calificați în întreținere, își continuă instruirea teoretică precum și cea practică în mod continuu și mai ales cu ocazia modificărilor și îmbunătățirilor produselor, introducerii unor tehnologii noi etc.

Cadrele de ingineri se instruiesc, de asemenea, în ceea ce privește particularitățile tehnicii întreținerii. Metodele de instruire constau fie în pregătirea în cadrul întreprinderii, fie în unități special create în afara întreprinderilor. Ultima metodă este practicată mai ales pentru instruirea cadrelor din țările în curs de dezvoltare.

Scanned with OKEN Scanner

Modelarea sistemului întreţinerii şi luarea deciziei

Activităţile cuprinse în sistemul întreţinerii au fost considerate mult timp drept un rău necesar. Implicaţiile acestei atitudini pot explica de ce, încă în prezent, luarea deciziei în întreţinere mai pare unora un proces intentiv, dependent de talentul, de priceperea celui ce trebuie să ia decizia şi foarte puţin sau chiar deloc posibil a fi întemeiat pe baze ştiinţifice. Această atitudine a fost susţinută şi de destul de numeroasele împrejurări în care decizia trebuia luată foarte repede, astfel încît nu era timp pentru consultări largi şi studii adîncite — mai ales în lipsa mijloacelor moderne de înmagazinare şi tratare a datelor şi informaţiilor.

Cu toate că nici astăzi conducerea sistemului de întreţinere nu este o ştiinţă exactă — şi e încă îndoielnic dacă va putea deveni vreodată — există totuşi metode avansate pentru rezolvarea problemelor sistemului chiar şi în regiunea, destul de dificilă a sa, în care se elaborează decizia.

Pînă acum a fost practic imposibil de a optimiza sistemul întreţinerii, de a lua decizii optime, mai ales datorită lipsei de informaţii cantitative. S-au elaborat multe scheme de întreţinere preventivă pe baza unor analize cantitative insuficiente şi inadecvate. Unul din primele rezultate nesatisfăcătoare a acestei stări de fapt a fost, de pildă, aprecierea frecvenţei optime şi a conţinutului reviziilor tehnice. S-a constatat destul de repede ineficienţa, dar mai ales costul foarte ridicat al schemelor propuse. De fapt tocmai aici se plasează esenţa oricăror decizii de bază în întreţinere : obţinerea prin cheltuieli minime a unor cîştiguri maxime, derivate de exemplu din reducerea întreruperilor în funcţionare.

De fapt obiectivul fundamental al întreţinerii este de a asigura produsului condiţiile necesare pentru ca acesta să corespundă cerinţelor specificate de utilizarea sa. În acest sens, deciziile care se iau cu privire la întreţinere cuprind precizări asupra frecvenţei reviziilor, intervalelor de reparaţii, regulilor de înlocuire a pieselor componente, numărului de lucrători necesari etc. Modelarea poate fi folosită cu succes pentru rezolvarea unor astfel de probleme.

Orice model este o descriere — verbală sau matematică, în orice caz prescurtată — a relaţiilor dintre părţile componente ale unui sistem ; acesta trebuie întocmit suficient de explicit pentru a permite să i se studieze comportarea într-o mare varietate de împrejurări — mai ales în viitor — şi să înlesnească posibilitatea de a fi condus în acest sens. Un model matematic trebuie să exprime proprietăţile sistemului prin simboluri ce reprezintă cantităţi şi să descrie rela-

Scanned with OKEN Scanner

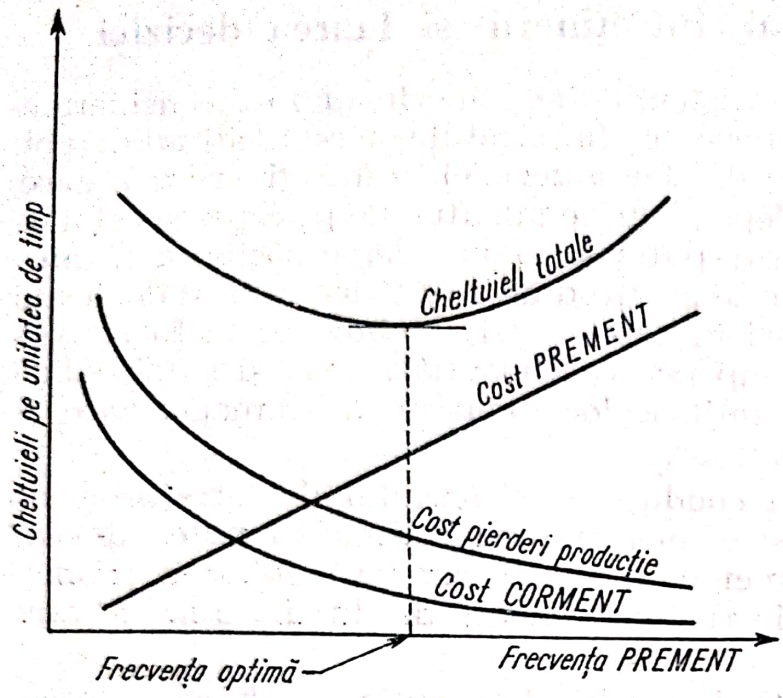


Fig. 10.

țiile din sistem prin ecuații matematice.

În fig. 10 se arată rezultatele folosirii unui model matematic simplu pentru determinarea frecvenței optime de PREMENT prin compararea inputului (costul PREMENT) cu outputul (reducerea cheltuielilor CORMENT și a pierderilor de producție). Acest model, cu toate că este foarte simplu, ilustrează bine relațiile matematice și statistice dintre deciziile luate și consecințele care rezultă. Se înțelege ușor cît de importantă devine problema deținerii de informații exacte pentru a putea identifica decizia optimă, în acest caz — frecvența optimă de PREMENT.

Luarea unei decizii cu ajutorul unui model matematic are avantajul principal că, în mod obligatoriu, se examinează structura problemei în vederea alegerii și evaluării factorilor majori. În plus se pot lua în considerare foarte multe soluții diferite, cu mult mai multe decît o poate face cel ce ia decizia fără informații adecvate și cu mijloace modeste de calcul.

Orice problemă poate fi descrisă, în general, de un model matematic exprimat prin relația

$$E_s = f(x_i,\ y_j) \qquad (1)$$

în care E_s este indicatorul ales al eficienței sistemului ; x_i — variabilele care pot fi controlate ; y_j — variabilele și constantele care nu pot fi controlate dar care influențează valoarea E_s ; f — relația funcțională dintre variabile și constante (x_i și y_j) pe de o parte și variabila dependentă E_s pe de altă parte.

Pentru exemplificare, se presupune un produs care devine indisponibil pentru funcționare, din timp în timp. Pentru reducerea frecvenței acestor întreruperi se pot realiza inspecții, precum și operații de întreținere de mică anvergură pentru remedierea defecțiunilor

Scanned with OKEN Scanner

potențiale, detectate cu ocazia inspecțiilor. Rezultatul căutat este stabilirea caracteristicilor inspecțiilor astfel încît să se minimalizeze durata totală a scoaterii din funcțiune (indisponibilității) datorată întreruperilor și inspecțiilor. În acest caz se alege ca cel mai potrivit indicator E_s, din relația (1), durata indisponibilității raportată la unitatea de timp, de pildă T, în ore/lună. Se înțelege că singura variabilă controlabilă, x_i din relația (1), este frecvența inspecțiilor F, în nr. inspecții/lună. Celelalte variabile nu sînt posibil a fi controlate, dar dintre acestea frecvența întreruperilor I datorită defectărilor poate fi socotită ca dependentă față de frecvența inspecțiilor, adică $I(F)$, în nr. întreruperi/lună.

Notînd : t_1 — durata indisponibilității datorită unei inspecții, în ore/inspecție ; t_2 — durata indisponibilității datorită unei întreruperi (provocată de defecțiuni), în ore/întrerupere, se constată că aceste durate pot fi dependente de frecvența inspecțiilor, dar în general pot fi considerate egale cu media valorilor acestora în perioada considerată și deci ca fiind constante.

Prin urmare, relația (1) se poate scrie astfel :

$$T = f\,[F,\ I(F),\ t_1, t_2], \tag{2}$$

fiind, în cazul considerat, deosebit de simplă :

$$T = F \cdot t_1 + I(F) \cdot t_2, \tag{3}$$

deoarece : durata totală a indisponibilității/lună = durata întreruperii datorită inspecției (PREMENT) / lună + durata întreruperii datorită reparației (CORMENT)/lună.

În fig. 11 se arată efectele celor doi factori (PREMENT și CORMENT) asupra duratei indisponibilității produsului, precum și rezultatul căutat : frecvența optimă a inspecțiilor, care se găsește la valoarea minimă a duratei indisponibilității (totale). Pentru determinări numerice este firește necesară obținerea mărimilor cantitative corespunzătoare pentru t_1, t_2 și $I(F)$. Valoarea optimă a singurei variabile F, a modelului se obține prin dife-

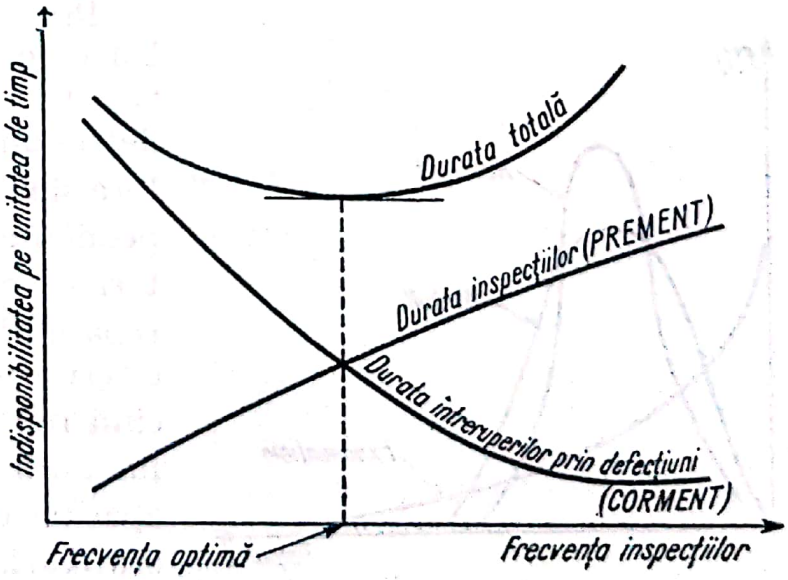


Fig. 11.

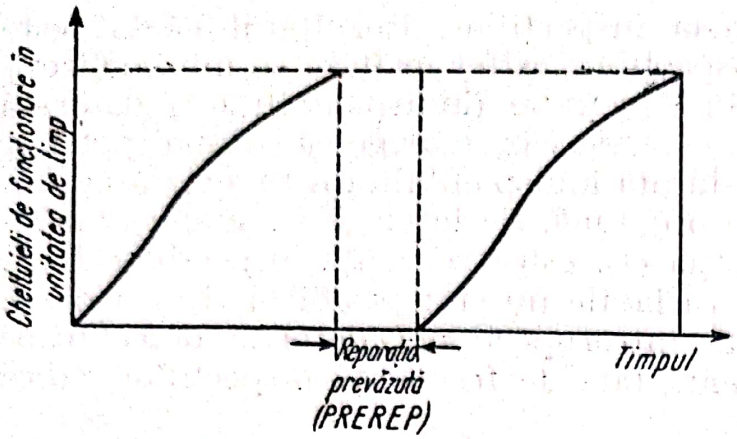


Fig. 12.

rențierea modelului față de F și deci în ipoteza că t_1 și t_2 sînt constante (independente de F), rezultînd

$$O = t_1 + \dot{I}(F) \cdot t_2,$$

sau $$\dot{I}(F) = -\frac{t_1}{t_2}. \qquad (4)$$

Pentru sistemul întreținerii, luarea deciziilor privește în cele mai multe cazuri următoarele probleme : inspecția, reparațiile, înlocuirea, structura organizatorică, aprovizionarea cu piese de schimb.

Problemele întreținerii pot fi clasificate fie drept deterministice, fie drept stocastice (probabilistice).

Problemele deterministice sînt acelea în care conținutul și efectele activităților de întreținere sînt cunoscute cu un înalt grad de siguranță. Drept exemplu se poate considera un produs la care nu s-au înregistrat defecțiuni în funcționare și la care cheltuielile de funcționare cresc în timp, odată cu creșterea stării sale de uzură. În scopul de a limita aceste cheltuieli, se procedează la o reparație preventivă care aduce produsul la starea sa inițială, ceea ce face ca, în continuare, creșterea cheltuielilor în funcționare să fie cunoscută. În fig. 12 se arată schema unei astfel de probleme deterministice.

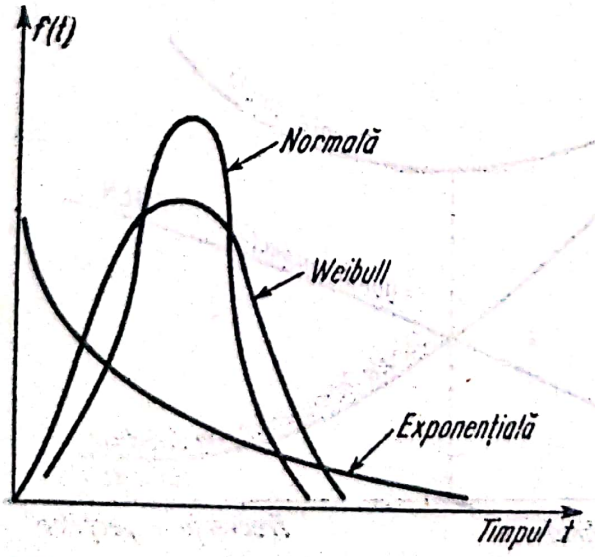


Fig. 13.

Problemele stocastice sînt acelea care depind de întîmplare, în sensul că momentele producerii defecțiunilor ca și duratele acestora sînt mărimi întîmplătoare, dependente de o multitudine de factori — calitățile materialelor, ale reparațiilor etc. — și pot respecta diferite legi de repartiție. Cunoscînd repartițiile frecvenței timpului dintre acțiunile întreținerii și apariția defecțiunii, se poate descrie variația probabilității de defectare cu trecerea timpului. În

Scanned with OKEN Scanner

fig. 13 se arată cîteva tipuri obișnuite de caracteristici de defecțiune, în care $f(t)$ este funcția de densitate a probabilității.

Luarea deciziei în probleme probabilistice ale întreținerii pentru produse care se defectează este deosebit de dificilă deoarece nu este posibilă cunoașterea exactă a momentelor apariției defectelor. În plus, un înalt grad de incertitudine provine și din imposibilitatea de a aprecia starea produsului — „bun", „defect" sau undeva între aceste stări extreme — în lipsa rezultatelor inspecției.

Decizia asupra inspecțiilor privește în marea majoritate a cazurilor stabilirea frecvenței acestora și mai rar conținutul lor sau indicatorii stării produsului inspectat.

În cazul produselor cu serviciu continuu, reducerea întreruperilor de funcționare prin defectări, poate fi realizată prin inspecții din timp în timp, cu înlăturarea oricăror defecțiuni minore constatate și care ar putea provoca scoaterea din funcțiune a produsului. După cum se știe, inspecțiile introduc cheltuieli — de materiale, salarii și pierderi de producție datorate opririi planificate a funcționării produsului. Devine deci necesară stabilirea frecvenței optime a inspecțiilor, ceea ce se poate exprima prin valoarea minimă a duratei totale de indisponibilitate a produsului sau prin valoarea minimă a cheltuielilor totale, pe unitatea de timp. Această situație a fost descrisă de modelul matematic exprimat mai înainte prin relația (3) și ilustrat prin fig. 11.

Exemplul numeric următor va preciza posibilitățile de calcul. Se presupun :

t_1=4 ore=0,0055 luni ; t_2=12 ore=0,0165 luni ; $I(F)=\frac{3}{F}$ întreruperi/lună.

Relația (3) se descrie acum cantitativ prin :

$$T = F \cdot 0{,}0055 + \frac{3}{F} \cdot 0{,}0165,$$

iar T ia valoarea minimă cînd, după relația (4) :

$$\frac{d}{dF}\left(\frac{3}{F}\right) = -\frac{0{,}0055}{0{,}0165},$$

sau

$$-\frac{3}{F^2} = -\frac{0{,}0055}{0{,}0165},$$

astfel încît valoarea optimă a numărului lunar de inspecții este

$$F = \sqrt{3\,\frac{0{,}0165}{0{,}0055}} = 3 \text{ inspecții/lună.}$$

Scanned with OKEN Scanner

Decizia asupra reparaţiilor se ia dacă în prealabil s-a eliminat alternativa de înlocuire a produsului. În orice caz, se apelează la PREMENT în vederea reducerii frecvenţei defecţiunilor, după care se ia decizia de reparaţie sau înlocuire într-un timp în care produsul este încă în stare de funcţionare. Acest tip de reparaţie poate fi deci denumit *reparaţie preventivă*, deoarece se execută înaintea apariţiei defecţiunilor, pentru a o distinge de *reparaţia corectivă* ce se execută după apariţia stării de defecţiune, fie ca scoatere din funcţionare a produsului, fie ca pierdere a calităţilor şi caracteristicilor specificate. Conţinutul principal al deciziei priveşte de cele mai multe ori stabilirea intervalului de timp dintre reparaţiile preventive (PREREP). Firește acesta devine infinit atunci cînd nu se execută decît reparaţii corective (COREP). O componentă aproape la fel de importantă a deciziei este nivelul pînă la care produsul trebuie reparat, respectiv cît de aproape este adus produsul reparat de starea produsului nou, prin activităţile întreţinerii. Se înţelege că la limită, cele două tipuri de reparaţii — PREREP şi COREP — pot deveni echivalente cu înlocuirea produsului cu unul nou, totul depinzînd de anvergura reparaţiilor, care la rîndul ei stabileşte valoarea cheltuielilor respective. În plus, pînă la urmă se procedează la înlocuire, deoarece există o deteriorare treptată a stării produsului, cu toate că PREREP şi COREP îmbunătăţesc această stare (fig. 14).

În activităţile întreţinerii apar deseori situaţii la care deciziile nu se pot lua decît în momente cunoscute (puncte discrete în timp), de pildă la sfîrşitul fiecărei săptămîni sau după trei săptămîni de funcţionare. În astfel de cazuri, se pune problema determinării acţiunii

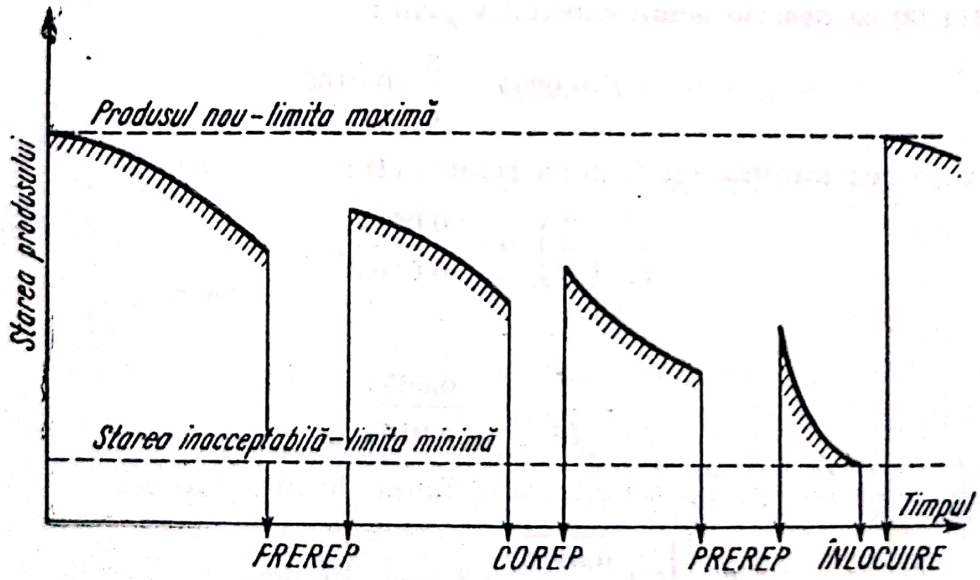


Fig. 14.

Scanned with OKEN Scanner

de realizat la orice punct al deciziei astfel încît cheltuielile totale de întreținere și pierderi de producție să fie minime pentru următoarele i perioade de timp.

Pentru rezolvare, în sensul alegerii deciziei optime, se folosește larg metoda arborelui de decizie, deoarece aceasta se aplică cu precădere la stabilirea de decizii cu caracter previzional, cu consecințe în viitor. În fig. 15 se arată începutul unui arbore de decizie pentru o problemă terotehnică, în care : B este starea bună „ca nouă") a obiectului studiului ; D — starea de defecțiune a acestuia ; p^P_{BB} — probabilitatea ca obiectul studiului să fie încă în stare bună (al doilea B de la indice) la sfîrșitul perioadei considerate, atunci cînd acesta a fost supus operației de PREREP (exponentul P) iar la începutul perioadei era în stare bună (primul B de la indice ; p^P_{BD} — ca mai înainte cu singura diferență că, la sfîrșitul perioadei considerate, obiectul studiat nu mai este în stare bună, ci defect (D la indice) ; p^I_{BB} — ca prima probabilitate, cu diferența că, la începutul perioadei s-a produs înlocuirea obiectului cu unul nou (I la exponent) ; p^I_{BD} — ca mai înainte, dar la sfîrșitul perioadei obiectul este în stare perfectă ; p^C_{DB} — probabilitatea ca obiectul studiului, care la

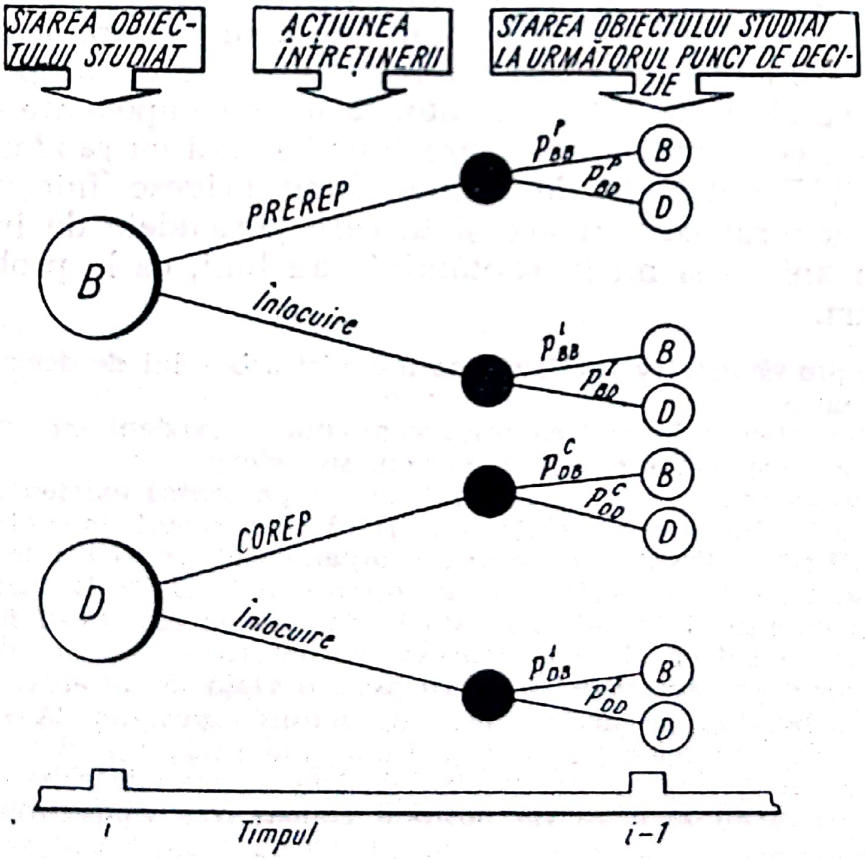


Fig. 15.

Scanned with OKEN Scanner

începutul perioadei era în stare defectă, să ajungă în stare bună la sfîrșitul perioadei prin acțiunea de COREP (C la exponent) ; p^C_{DD} — ca mai înainte, doar că la sfîrșitul perioadei obiectul se găsește în stare defectă (al doilea D la picior) ; p^I_{DB} — probabilitatea ca, prin înlocuire (I de la exponent), obiectul din starea inițială defectă (D la indice) să ajungă în stare bună și la sfîrșitul perioadei ; p^I_{DD} — ca mai înainte, doar că, la sfîrșitul perioadei, obiectul studiului este din nou în stare defectă (al doilea D la indice).

Pe lîngă probabilitățile de trecere arătate, se mai iau în considerare cheltuielile corespunzătoare acestora. Un exemplu și cu cheltuieli este arătat mai departe.

Decizia asupra înlocuirii obiectului studiat are drept scop restaurarea condițiilor acestuia ca la obiectul nou și se ia atunci cînd acțiunile PREREP și COREP nu mai pot asigura acest scop.

Problemele înlocuirii sînt fie deterministice, fie stocastice. Problemele din prima categorie se deosebesc între ele prin mărimea intervalului de timp dintre momentele (punctate) deciziilor. Astfel, problemele de termen scurt constau în stabilirea regulilor de înlocuire a obiectului studiat la care cheltuielile de funcționare cresc și la care acțiunile de întreținere sînt fixate obligatoriu la anumite momente (ca de pildă la unele cazane de abur la care activitățile de PREMENT sînt obligatorii la anumite perioade de timp și la care, între acestea, cheltuielile cresc datorită unor componente — încălzitoare de aer, economizoare — care funcționează cu randamente descrescătoare). Problemele de termen lung privesc înlocuirea unor obiecte în general costisitoare și la care perioadele de înlocuire se măsoară în ani — și nu în săptămîni sau luni, ca la problemele de termen scurt.

Un exemplu cantitativ, cu folosirea metodei arborelui de decizie, este arătat în continuare.

Obiectul deciziei : înlocuirea unui echipament existent cu un utilaj mai corespunzător (care realizează un beneficiu superior).

Datele necesare : beneficiul realizat cu echipamentul existent, $6 \cdot 10^5$ L/an ; beneficiul realizabil cu utilajul nou, 10^6 L/an ; costul înlocuirii, $8 \cdot 10^6$ L ; costul PREMENT+CORMENT pentru echipamentul existent : în primul an, $4 \cdot 10^5$ L, în al treilea an, $6 \cdot 10^5$ L în al șaselea an ; $1{,}2 \cdot 10^6$ L durata de existență a echipamentului 10 ani (stabilită în funcție de rezultatul folosirii echipamentului în sensul că, dacă acesta este de natura unui utilaj de producție, produsul realizat se preconizează că va avea o viață de 10 ani).

Metoda arborelui de decizie este de natură previzională și înlesnește identificarea alternativelor posibile, precum și a nesiguranței și riscului. Ca urmare, în general, metoda nu rezolvă decizia, ci mai degrabă o descrie în ansamblul său astfel încît să fie posibilă cunoașterea consecințelor.

---

* L — unitatea monetară.

Scanned with OKEN Scanner

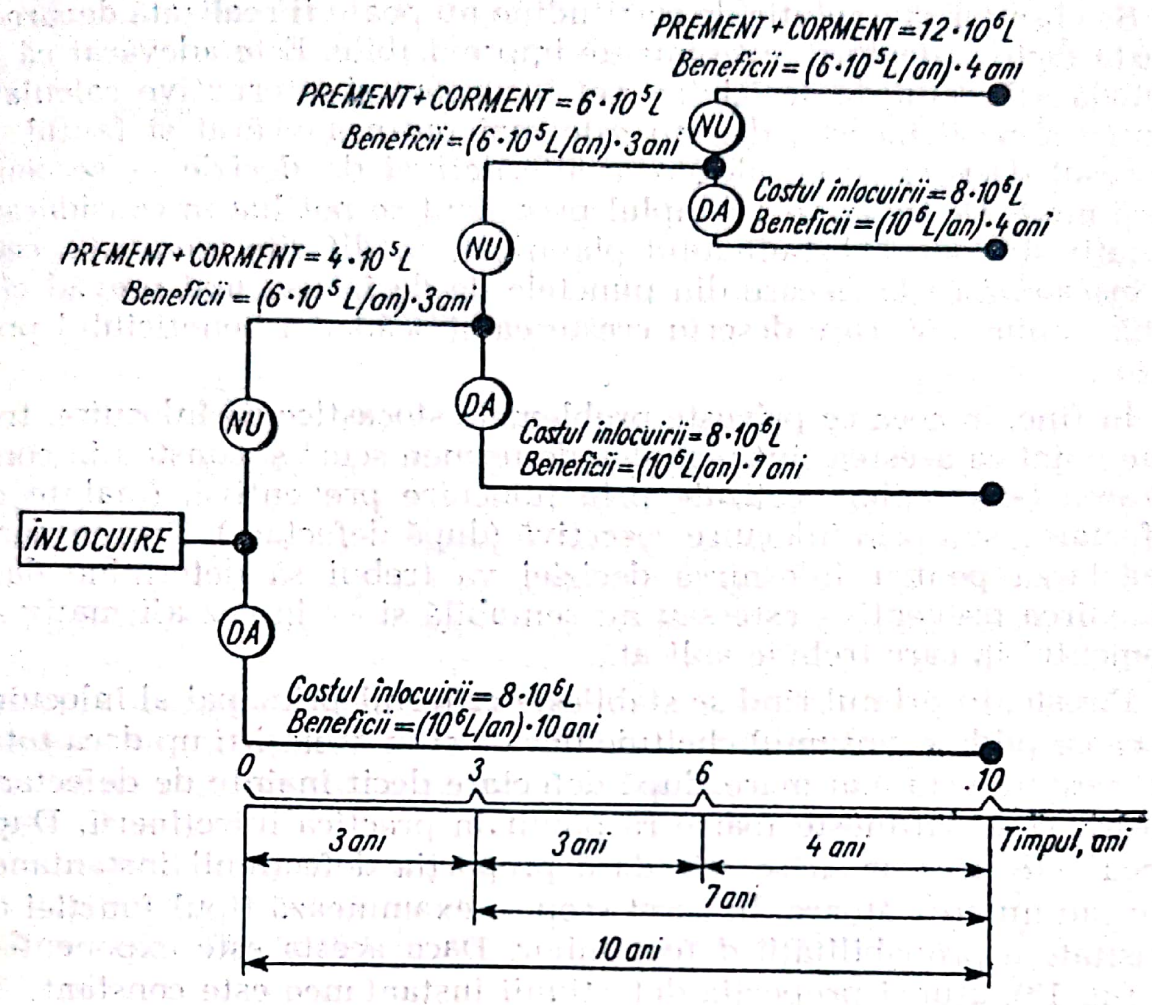


Fig. 16.

Alternativele luate în considerare sînt : a) înlocuirea imediată ; b) înlocuirea după trei ani ; c) înlocuirea după şase ani ; d) renunţarea la înlocuire.

În fig. 16 se arată arborele de decizie cu sumele ce reprezintă cheltuielile şi beneficiile corespunzătoare. Se deduce că decizia de neînlocuire are un avantaj mai mare decît aceea de înlocuire imediată din punctul de vedere al diferenţei dintre cheltuielile totale şi beneficiile totale în perioada de 10 ani. De asemenea, deciziile de înlocuire după 3 sau 6 ani duc la beneficii totale mai mici decît cheltuielile totale. Ca urmare, pentru exemplul luat, decizia economică este de a nu se înlocui utilajul existent, cu toate că beneficiul anual planificat prin înlocuire este mai mare.

Analiza alternativelor porneşte de la punctele de timp cele mai îndepărtate ale deciziei şi se apropie de originea deciziei, determinînd în fiecare etapă (de ex. la 6 ani, la 3 ani) ce decizie s-ar putea lua cu luarea în considerare a informaţiilor deţinute în momentul iniţial. Procedînd în acest mod, se poate ţine seama şi de factorii existenţi, cum sînt : personalul, posibilităţile de investiţii.

Scanned with OKEN Scanner

Se observă că o soluție de certitudine nu poate fi realizată deoarece există factori aleatorii, evenimente imprevizibile. Este adevărat că în metoda arborelui de decizie se pot încorpora și alternative calculate pentru situații incerte, dar nu este mai puțin adevărat și faptul că procesul deciziei — de alegere a alternativei de decizie — se complică mult. De pildă, în exemplul precedent se pot lua în considerare variații ale valorii beneficiului planificat, în diferite momente, ceea ce înseamnă că la fiecare din punctele de decizie se mai prevăd cîte două ramuri noi, care descriu creșterea și scăderea beneficiului prevăzut.

În fine, în ceea ce privește problemele stocastice de înlocuire, trebuie notat că acestea sînt mai ales de termen scurt și constau în compararea beneficiilor realizate prin înlocuire preventivă, (înainte de defectare), sau prin înlocuire corectivă (după defectare). Prin urmare, modelarea pentru înlesnirea deciziei va trebui să determine dacă înlocuirea preventivă este sau nu rentabilă și — în caz afirmativ — momentul în care trebuie aplicată.

Firește, în primul rînd se stabilește criteriul principal al înlocuirii — ca de pildă cuantumul cheltuielilor — și în același timp dacă totalul acestora este mai mare după defectare decît înainte de defectare. Acest caz se întîlnește foarte răspîndit în practica întreținerii. După aceea este necesar să se știe dacă proporția defecțiunii instantanee este sau nu crescătoare. În acest scop se examinează tipul funcției de densitate a probabilității defecțiunilor. Dacă acesta este exponențial (v. fig. 13), atunci proporția defecțiunii instantanee este constantă în timp (fig. 17). Se observă că, dacă se notează cu $v(t)$ această proporție și cu Δt intervalul de timp de la punerea în funcțiune pînă la timpul t, atunci

$$v(t) \cdot \Delta t = p_t$$

este probabilitatea de defectare în intervalul Δt. Se observă de asemenea că, în cazul ilustrat în fig. 17, nu este indicată înlocuirea preventivă, deoarece s-ar produce cheltuieli inutile — fără nici un beneficiu.

Dacă funcția de densitate a probabilității de defecțiune ar fi normală (v. fig. 13), atunci $v(t)$ are forma din fig. 18 și problema se reduce la determinarea momentului în care trebuie executată înlocuirea preventivă. Se poate realiza modelarea acestor probleme stocastice de înlocuire adoptînd diferite criterii, ca de pildă : timpul înlocuirii, utilizare cumulativă, înlocuirea de elemente unice sau de grup de elemente.

Scanned with OKEN Scanner

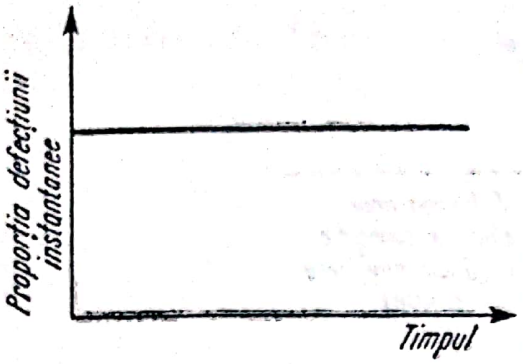


Fig. 17.

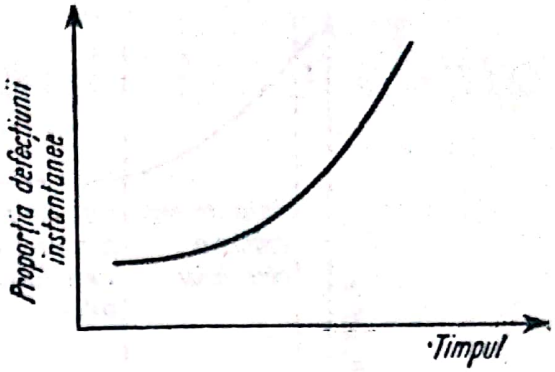


Fig. 18.

Decizia asupra structurii organizatorice a întreținerii trebuie să aibă în vedere două grupe de probleme independente. În primul rînd se plasează stabilirea necesarului de personal, echipamente, materiale pentru sistemul întreținerii. În al doilea rînd, trebuie stabilit modul în care acest necesar va fi folosit. Prin urmare, la luarea deciziei pentru structura organizatorică optimă a sistemului de întreținere, devine necesară cunoașterea exactă a naturii, cantității și variației cererii de întreținere precum și a disponibilităților eventuale de întreținere din exteriorul sistemului studiat (cum ar fi unități specializate de service).

S-au elaborat modele matematice [18] ce pot fi utilizate la luarea deciziei cu privire la structura organizatorică a sistemului de întreținere, modele ce au la bază, în general, tehnica simulării pe calculator.

Unele concluzii ale examinării sistemului întreținerii

Menținerea în stare corespunzătoare de utilizare — scopul esențial al întreținerii — se poate realiza, deoarece se cunosc căile și mijloacele pentru desfășurarea activităților specifice.

Este posibil să se stabilească formula optimă a sistemului de întreținere astfel încît să se ajungă la rentabilizarea sa maximă posibilă, la cheltuieli minime cerute de activitățile întreținerii. De asemenea se pot rezolva și problemele legate de disponibilitate, de frecvența inspecțiilor etc.

Se poate afirma că rentabilizarea activităților cuprinse în sistemul întreținerii nu are nevoie pentru a fi pusă în lucru decît de studierea sistemului în cauză care precizează destul de satisfăcător toată structura sistemului de întreținere aptă să asigure rentabilitatea optimă.

Cu toate acestea, problema principală nu este rezolvată deoarece, de fapt, întreg sistemul întreținerii se dimensionează în funcție de

Scanned with OKEN Scanner

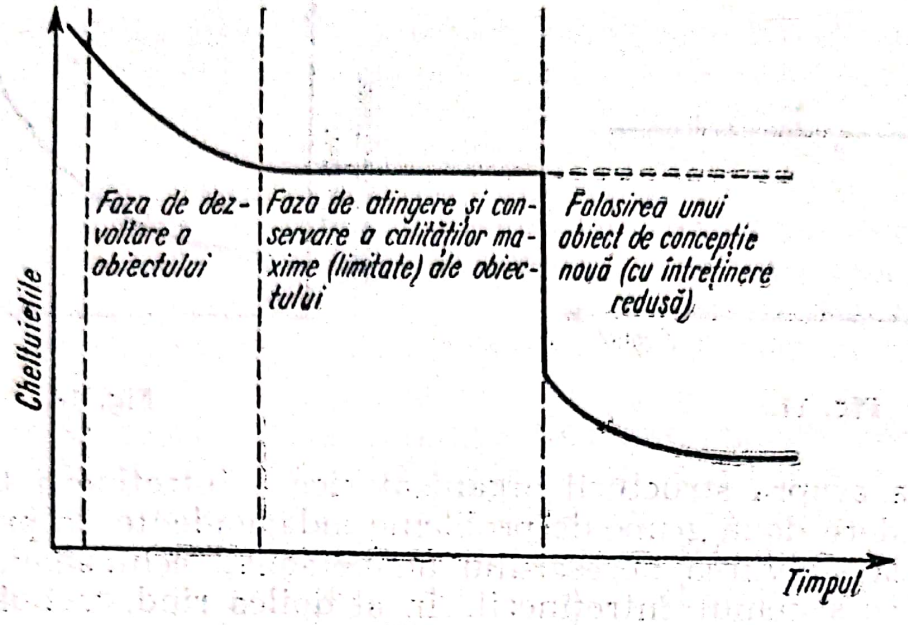


Fig. 19.

obiectul care necesită întreținere, adică de structura, proprietățile, caracteristicile funcțional-constructive ale acestuia.

Or, dacă obiectul de întreținut are în sistemul întreținerii acest rol hotărîtor, este la fel de importantă — uneori cu mult mai importantă — posibilitatea pe care experiența acumulată a sistemului de întreținere o are de a influența structura, proprietățile și caracteristicile funcțional-constructive ale obiectului astfel încît obiectul de concepție nouă sau îmbunătățită să necesite cheltuieli de întreținere substanțial mai reduse. În fig. 19 se arată o imagine a modului cum folosirea unui obiect de concepție nouă, la care activitățile de întreținere sînt mai reduse, operează asupra micșorării cheltuielilor.

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul III. Sistemul terotehnic

Unele consideraţii asupra terotehnicii ca sistem

Sistemul întreţinerii este organizat, în general, pentru a efectua anumite operaţiuni tehnice asupra obiectului ce pretinde îngrijire în scopul menţinerii condiţiilor funcţionale prescrise ale acestuia, existînd şi preocupări în legătură cu rentabilizarea operaţiunilor.

Atunci cînd obiectul întreţinerii este o uzină sau o instalaţie, activităţile întreţinerii se rezumă la specificul unităţii şi cuprind operaţiuni atît de diferite, cît de diferite sînt şi utilajele, echipamentele, maşinile etc. ce formează unitatea. Sistemul întreţinerii într-o uzină constructoare de maşini-unelte constituie un exemplu în acest sens.

Cînd întreţinerea se adresează unui număr mare de obiecte similare, operaţiunile executate sînt practic identice pentru fiecare produs în parte, iar volumul activităţilor este cu atît mai mare cu cît obiectele sînt mai numeroase. Sistemul întreţinerii unui parc de autovehicule de transport în comun este un exemplu în acest sens.

Diferenţele posibile dintre sistemele de întreţinere, oricît de deosebite ar fi acestea, se păstrează totuşi în zona detaliilor. În adevăr, procesele care se dezvoltă în domenii diferite ale realităţii concrete au la bază principii comune a căror generalizare a permis observarea izomorfismului (analogiei structurale) unor sisteme mult diferite între ele — fizice, biologice, sociale, economice, tehnice etc. Pe această cale s-a afirmat concepţia cibernetică ca principiu fundamental al cuprinderii într-un sistem ştiinţific de funcţionare optimă şi de conducere a activităţilor. După cum se ştie, un sistem cibernetic este, în general, un lanţ cauză-efect care stabilizează activităţile dedicate unor scopuri determinate pe calea transmiterii şi prelucrării informaţiilor prin intermediul mecanismului de comandă şi reglare.

Examinînd schema generală a sistemului terotehnic (fig. 20, *a*) se observă că trăsătura sa fundamentală este cuprinderea în mod organic a capabilităţii de a coordona un feed-back de informaţii în

Scanned with OKEN Scanner

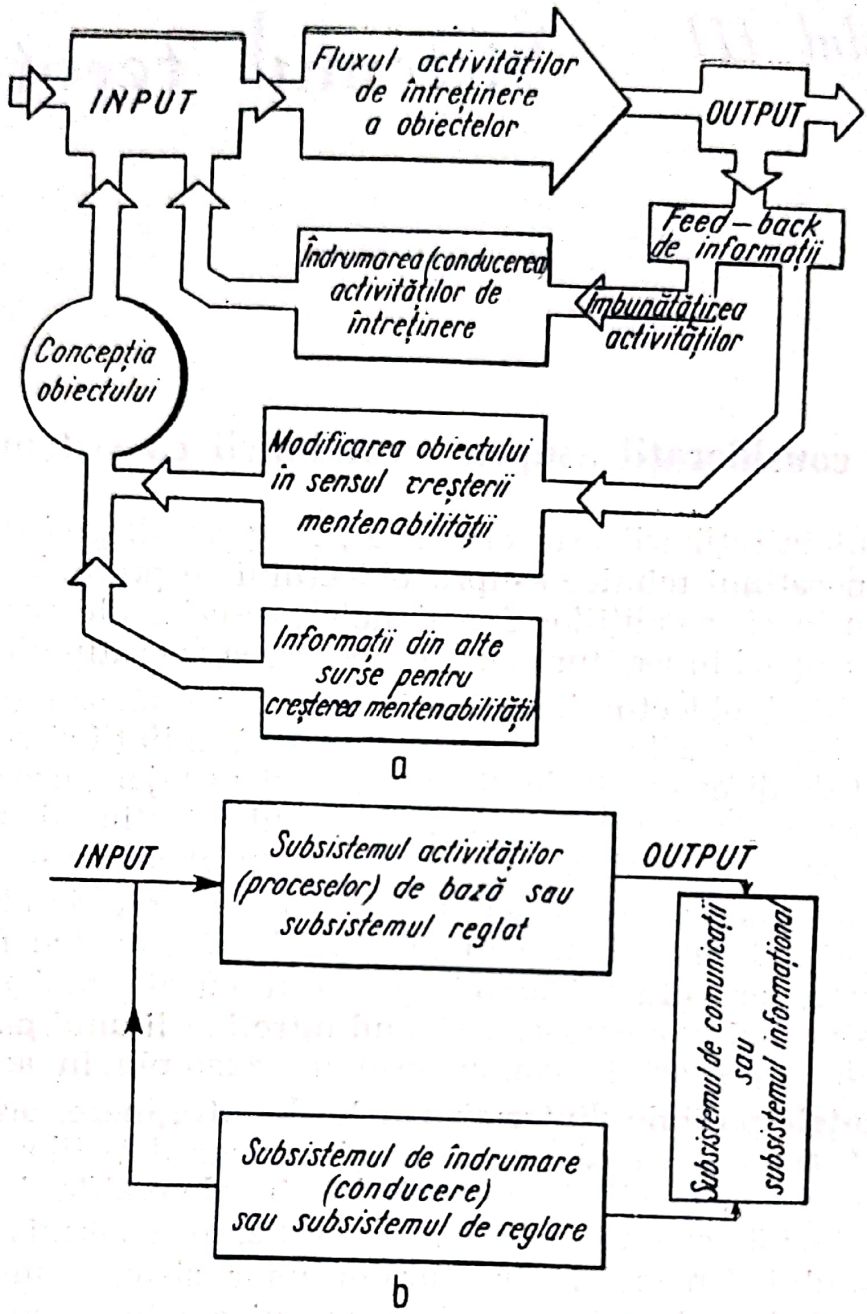


Fig. 20.

vederea îmbunătățirii activităților de întreținere, ca și pentru modificarea (sau schimbarea totală) obiectelor în sensul creșterii mentenabilității lor — concret : reducerea sau chiar anularea operațiilor și deci și a cheltuielilor de întreținere cerute de către obiect — și aceasta prin circularea informațiilor spre compartimentul concepției (cercetare, dezvoltare, proiectare).

Conceput în acest fel, sistemul terotehnic poate beneficia de utilizarea metodelor științifice de organizare, cum este teoria sistemelor,

Scanned with OKEN Scanner

capabilă să coordoneze conexiunea inversă a deciziilor. În acest sens se arată în fig. 20, *b* schema cibernetică simplă a sistemului terotehnic.

Pentru a înțelege mai clar modelarea terotehnicii pe baza tehnicii sistemelor se arată asimilarea posibilă a unităților independente (subsistemele) ale sistemului terotehnic cu acelea ale unui sistem cibernetic și anume : subsistemul activităților (proceselor) de bază — subsistemul reglat ; subsistemul de îndrumare (conducere) — subsistemul de reglare ; subsistemul de comunicație — subsistemul informațional, ceea ce reiese clar din comparația celor două scheme din fig. 20.

Procesele, activitățile întreținerii pot fi bine îndrumate prin defalcarea acestora pe elemente, pe trepte și prin clarificarea corelațiilor dintre ele. Este de asemenea necesar să se stabilească în mod exact și fazele proceselor, precum și factorii de care depinde fiecare fază. Cunoașterea structurii și relațiilor sistemului face posibilă exprimarea funcționării sale prin algoritmuri, ceea ce permite stabilirea deciziilor, directivelor necesare conducerii sistemului.

Sistemul terotehnic escaladează substanțial frontierele simplei întrețineri, nu numai prin cuprinderea unui subsistem informațional, ci și prin integrarea unor funcții operaționale și decizionale ale altor sisteme cu care sistemul terotehnic este organic agregat. În adevăr, sistemul terotehnic — care cuprinde activități și operații ce se adresează obiectelor — este chemat să execute o influență majoră asupra concepției și producției acestor obiecte, ceea ce pînă la urmă înseamnă relații cauzale cu sistemele tehnico-economice ale întreprinderilor producătoare ale obiectelor în cauză. Privite din aceste puncte de vedere, sistemele industriale-economice capătă dimensiuni și complexități foarte mari.

Modelările unor sisteme mari devin uneori dificile mai ales în ceea ce privește rezolvarea lor, din pricina limitărilor de timp și de memorie. Nerezolvabile cu metodele obișnuite ale programării matematice, sistemele mari au o structură deosebită descrisă de modul de cuplare a subsistemelor din care sînt formate. Rezolvarea în aceste cazuri se realizează prin definirea unor algoritmuri specializate.

Studiul metodelor și al tehnicilor de agregare ale subsistemelor componente ale unui mare sistem — eventual integrînd și prezența factorului uman, de o mare importanță în sistemele de natura sistemului terotehnic — ca și tratarea cazurilor în care sistemul posedă părți continue (analogice) care interacționează cu părți discrete (digitale), depășesc cu mult structura și dimensiunea acestei lucrări. În bibliografie s-au menționat lucrările de specialitate ce pot fi cercetate de către cititorul doritor de a cunoaște tratarea problemelor menționate. În cele ce urmează se va încerca descrierea mai amănunțită a

Scanned with OKEN Scanner

părților componente ale sistemului terotehnic, a relațiilor dintre acestea, dar mai ales a ceea ce îi conferă caracterul de sistem și a căilor prin care se folosește tehnica modernă pentru reducerea substanțială, dacă nu chiar anularea cheltuielilor de întreținere.

Prin urmare, terotehnica poate fi considerată pe latura sa organizatorică drept conducerea întreținerii bazată pe teoria sistemelor. Caracterul său multidisciplinar derivă din conținutul său tehnic, economic, de conducere, bazat pe folosirea metodelor moderne ca de pildă : cercetarea operațională (analiza proceselor) pentru cunoașterea și definirea problemelor, precum și pentru elaborarea procedeelor de soluționare a acestora ; modelarea matematică a părților componente ca și a întregului sistem de activități și operații ; colectarea și prelucrarea datelor (informațiilor) cu ajutorul calculatoarelor electronice, folosind metodele fiabilității etc.

Oricît de diferite ar fi sistemele terotehnice concrete, în oricare dintre acestea apare un punct similar de decizie fundamentală pentru una din următoarele două alternative : a) fie reproiectarea obiectului în sensul eliminării (sau minimalizării) necesității de întreținere, b) fie continuarea în a administra obiectului operațiile de întreținere cerute de acesta, dar îmbunătățindu-le în vederea reducerii cheltuielilor de întreținere. Cea de-a doua decizie — de rentabilizare a întreținerii — va dura pînă cînd prima decizie va putea fi luată pe baza unor justificări tehnice-economice judicioase.

Această caracteristică sistematică a terotehnicii este analogă filtrării continue — încete, dar sigure — a tuturor situațiilor neraționale, gradul de filtrare fiind de fapt un factor de natură economică.

Constituirea punctului decizional are următoarele funcții decizionale : propunere, furnizare de date, avizare, decizie, aprobare, execuție, control. Aceste funcții decizionale se grupează în concordanță cu formele diferite ale conexiunii inverse, unele funcții reprezentînd procese reglate, iar altele mecanismul de reglare.

Astfel, funcția de propunere și de furnizare de date formează faza ce precede decizia (input), canalul său primar fiind conexiunea inversă a funcției de avizare. Pentru momentul de luare a deciziei, rolul conexiunii inverse îl joacă funcția de aprobare. În ceea ce privește faza de realizare a deciziei (output), rolul principal îl joacă funcția de execuție, mecanismul de reglare fiind reprezentat de funcția de control. Toate acestea sînt precizate în schema cibernetică simplă a procesului decizional integrat, arătată în fig. 21, în care cele trei funcții de reglare (avizare, aprobare, control) coordonează trei unități cibernetice legate în serie (propunere, decizie, execuție).

În punctul decizional putîndu-se lua decizii de rentabilizare a întreținerii și de eliminare a necesităților de întreținere prin structura

Scanned with OKEN Scanner

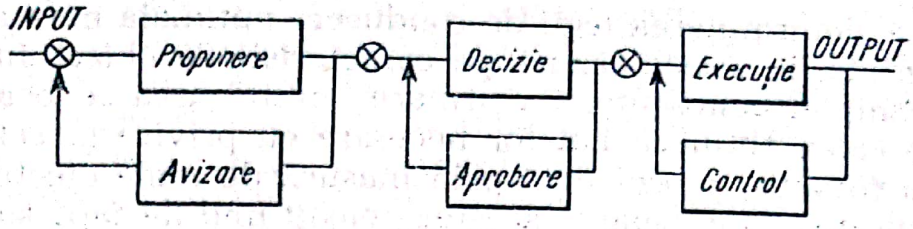


Fig. 21.

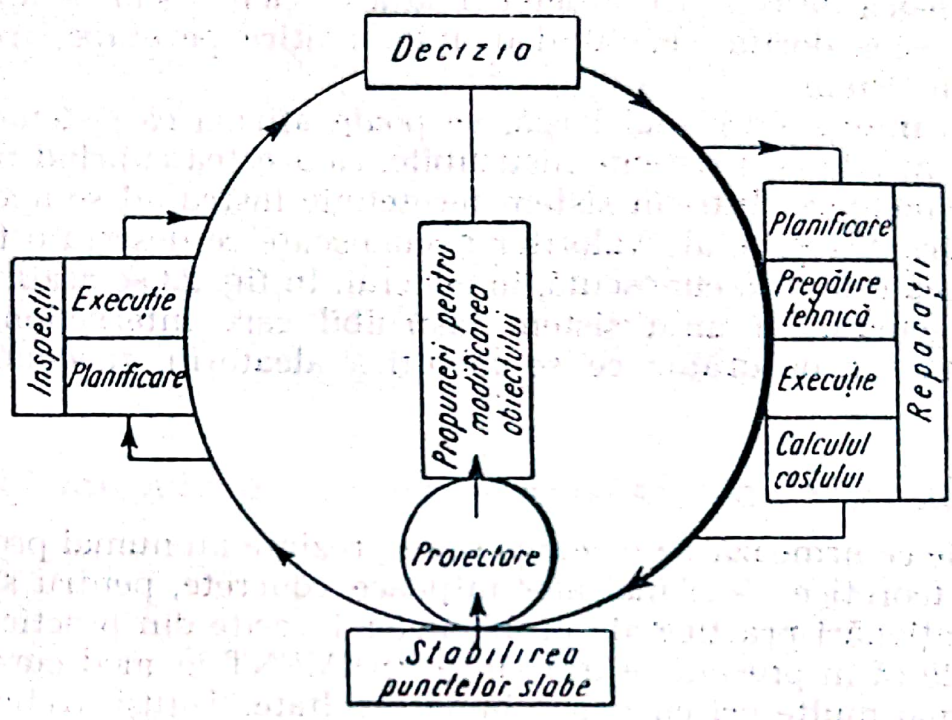


Fig. 22.

obiectului, se remarcă faptul că sfera terotehnicii se reciclează continuu, reducînd mereu întreținerea. O reprezentare grafică a reciclării se arată în fig. 22.

* * *

Încercările de a trata terotehnica drept un sistem întîmpină dificultăți legate nu numai de noutatea operației, de lipsa unei experiențe metodologice acumulate, ci și de inexistența informațiilor necesare sau de neîncrederea în acestea, atunci cînd ele există.

Sistemul fiind o clecție de „obiecte" legate între ele prin relații de interacțiune sau interdependență, iar starea sistemului la un moment dat fiind descrisă de informația necesară pentru determinarea comportării sistemului cu începere din acel moment, se înțelege că lipsa informațiilor apriorice complete asupra celor cuprinse în sistem pretinde, pentru rezolvarea problemelor sistemului, stabilirea unor metode realistice de tratare.

Scanned with OKEN Scanner

Firește, determinarea legii de conducere optimală nu mai poate fi fundamentată, în aceste cazuri, pe caracteristicile obiectului, acestea nefiind complet cunoscute. Ca urmare, optimizarea se poate realiza numai pe calea obținerii datelor necesare cu privire la comportarea obiectului (produs, proces etc.) prin măsurările reale efectuate odată cu desfășurarea funcționării, acestea constituind de fapt sursa informațiilor necesare pentru optimizarea comenzii. Folosind o astfel de metodă, legea de conducere determinată în cadrul său se apropie în final de legea dorită, rezultînd o îmbunătățire pe etape, treptată a întregului sistem.

Într-o interpretare mai largă, se poate afirma că sistemele terotehnice sînt adeseori sisteme instruibile, că acestea cuprind probleme de experimentare. Într-un sistem terotehnic instruibil se apelează la aproximări succesive ale valorilor necunoscute ce descriu o funcție a cărei formă este însă cunoscută, în general. În fig. 23 se arată o reprezentare generală a unui sistem instruibil care interacționează cu mediul său înconjurător ce se modifică aleatoriu, (necunoscut, în fapt).

* * *

În cele ce urmează, se încearcă să se prezinte nu numai problemele mari — teoretice — ci mai ales mijloace concrete, pentru stabilirea unor soluționări practice ale problemelor izvorîte din practică.

Se știe că în prezent se introduce PREMENT în mod curent — și de cele mai multe ori cu foarte bune rezultate. Totuși, trebuie recunoscut că PREMENT nu rezolvă problema, nu atacă sursele problemei, ci de fapt reprezintă exact mijlocul de a perpetua și chiar extinde cauzele reale ale problemei. De aceea PREMENT nu este răspunsul complet și definitor la problema reducerii, dacă nu chiar a eliminării cheltuielilor de întreținere. Uneori este chiar opusul soluției corecte.

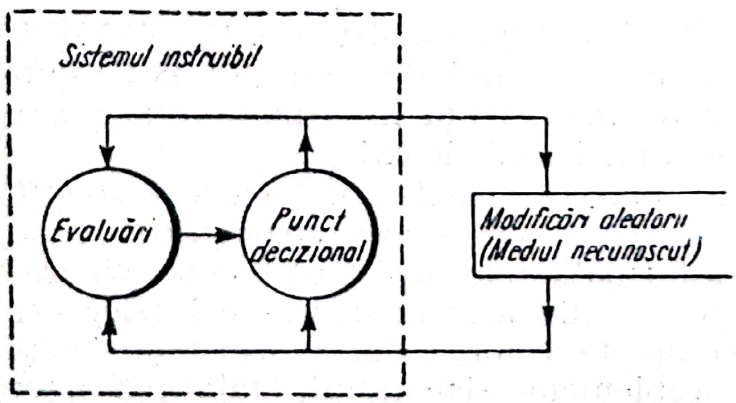


Fig. 23.

Dacă s-a înțeles că unul din obiectivele fundamentale ale tribologiei este de a elimina prin concepție necesitatea lubrificației, atunci se înțelege ușor și faptul că terotehnica are ca obiect principal eliminarea întreținerii. Avantaje însemnate apar în aplicarea cunoștințelor multidisciplinare ale terotehnicii,

Scanned with OKEN Scanner

precum și din faptul că realizarea unui sistem terotehnic înlesnește integrarea sa ca o parte a sistemelor mari industriale-economice.

Într-o expresie foarte condensată s-ar putea afirma că strategia globală a terotehnicii ca sistem se întemeiază pe feed-back și pe integrare, iar tactica sa este folosirea fondului de cunoștințe avansate multidisciplinare, în scopul rentabilizării, reducerii cheltuielilor de întreținere, și — mai devreme sau mai tîrziu, în măsura posibilului — în scopul eliminării complete a necesității de întreținere.

Cheltuielile pentru întreținere constau dintr-o parte însemnată cerută de reparații și înlocuiri, precum și dintr-o parte, mai puțin evidentă, provocată de indisponibilități, de eficiențe reduse, de utilizări incomplete. Aria cheltuielilor pentru întreținere poate fi atacată prin : procedee tehnologice noi, mai cu seamă în domeniul reparațiilor, cu costuri reduse și durate de aplicare mai scurte ; îmbunătățirea obiectelor (mașini, echipamente, instalații etc.) ; îmbunătățirea organizării și conducerii activităților de întreținere.

În cele ce urmează se încearcă o exemplificare a acestor căi principale, specifice sistemului terotehnic.

Probleme ale procedeelor tehnologice de reparații

Reparațiile — preventive și corective — au devenit în ultimii cîțiva ani obiectul unei atenții deosebite din cauza costului lor ridicat și al duratei mari de imobilizare a obiectului supus reparațiilor, ceea ce are ca efect pierderi bănești.

De cele mai multe ori procedeele tehnologice de reparații folosite sînt învechite, cu rezultate incerte în ceea ce privește calitatea reparației și costisitoare. Astfel de situații au generat convingerea că este preferabil să se folosească metoda înlocuirii elementelor sau agregatelor ce și-au pierdut calitățile necesare, sau prezintă defecțiuni, cu altele noi. De aici s-a născut o politică nejudicioasă a pieselor de schimb : s-au organizat stocuri mari de piese de schimb, imobilizînd valori materiale extrem de mari. Înlocuirea unei piese deteriorate cu alta nouă din magazie a devenit o operație ce încă mai pare nu numai normală, ci chiar rentabilă. Din păcate, se înlătură în cea mai mare parte a cazurilor piese ce mai pot fi folosite printr-o reparație foarte puțin costisitoare și cu un timp de imobilizare în multe cazuri chiar mai redus decît cel pretins de înlocuire.

Trebuie recunoscut că această situație a fost cultivată cu multă grijă de fabricanții pieselor de schimb, care au realizat beneficii enorme din comerțul cu piese de schimb. Se cunosc multe exemple în care prețul produsului realizat din piese de schimb este de cîteva ori mai mare decît al produsului cumpărat montat. Se știe de asemenea

Scanned with OKEN Scanner

că cei mai mulți constructori recomandă numai înlocuirea, declarînd-o simplă și comodă, iar nu de puține ori se pronunță împotriva reparației. Firește, nu se spune nimic despre cît costă recomandarea făcută.

În realitate, există extrem de numeroase cazuri în care procedee tehnologice moderne de reparații pot fi utilizate cu rezultate tehnice și economice net superioare.

O importanță deosebită o are problema discutată pentru multe din țările în curs de dezvoltare. În adevăr, pe de o parte mai slaba organizare, planificare și tipizare în aceste cazuri provoacă un consum foarte mare de piese de schimb, iar pe de altă parte fondurile limitate pentru achiziționarea pieselor de schimb duc la perturbări grave ale producției. În orice caz, imobilizarea unor fonduri prea mari în piese de schimb reduce posibilitățile de utilizare eficientă a resurselor valutare. Staționarea prea îndelungată a pieselor de schimb în magazii provoacă pierderi totale prin perimarea acestora atunci cînd obiectul întreținerii este modificat constructiv, în vederea modernizării sale.

Cheltuielile mari de devize pentru achiziționarea de piese de schimb de la furnizori externi pot fi evitate măcar parțial dacă personalul de întreținere este antrenat în producția acestor piese în perioadele de „așteptare", adică în timpul cînd activitățile directe ale întreținerii nu le consumă întreg timpul de lucru.

Firește, toate acestea nu sînt valabile absolut, în orice caz, dar este o problemă de mare răspundere aceea de a examina fiecare caz concret în parte în lumina celor arătate. Calculul costurilor poate dovedi, de cele mai multe ori, că și metode nu prea strălucite din punct de vedere tehnic sînt totuși economicește avantajoase, de pildă : realizarea unei piese de schimb, prin eforturi proprii, cu durată de serviciu — din motive de materiale, tehnologice etc. — mai redusă decît a piesei importate poate fi acceptată față de cheltuielile de devize pentru import, măcar într-o primă fază, pînă la elaborarea unei piese de schimb calitativ similare.

Acest mod de a privi problema stocării pieselor de schimb în contrast cu organizarea reparațiilor eficiente își arată superioritatea absolută atunci cînd, din diferite motive, importul sau pur și simplu cumpărarea pieselor de schimb devin imposibile.

În fine, calculele au arătat că, în medie, cheltuielile anuale pentru stocarea pieselor de schimb reprezintă cam 33% din costul acestora, ceea ce înseamnă că, în medie, prețul pieselor de schimb ținute în stoc timp de trei ani se dublează față de valoarea lor inițială.

Scanned with OKEN Scanner

Dintre procedeele tehnologice moderne pentru reparare se prezintă mai departe cele ce se bazează pe tehnica sudării. Aceste metode se adresează numărului celui mai mare de obiecte diferite de întreţinut şi cunoaşte astăzi aplicaţii în toate ramurile industriale. Cel mai mare avantaj economic direct este acel ce decurge din faptul că reparaţia prin sudare a unei piese costă mai puţin decît preţul unei piese de schimb. În plus, prin reducerea stocului de piese de schimb se eliberează fonduri importante, care depăşesc cu mult costurile legate de organizarea unei secţii de sudare.

Pentru economiile indirecte realizate, dar de mare pondere, se notează următoarele surse : durata de funcţionare a piesei reparate este mai mare decît a piesei de schimb ; durata de imobilizare, de cele mai multe ori substanţial mai redusă, atunci cînd pentru reparare nu este necesară o demontare de proporţii mari, ca în cazul schimbării piesei ; reducerea cheltuielilor de administrare a stocului de piese de schimb.

Tehnica sudării de întreţinere constă în realizarea unui proces de metalizare prin şpriţuire cu flacără (denumită mai departe FS=”flame spray“) a unor materiale de adaos în următoarele scopuri : refacerea dimensiunilor iniţile prin depunerea de materiale identice sau asemănătoare materialului din care este confecţionat obiectul ; depunerea unui strat de acoperire cu rezistenţă crescută la uzură, faţă de suprafaţa originală (în general portantă), prin acordarea de calităţi superioare de abraziune, eroziune, oboseală ; depunerea unui strat de acoperire înalt, rezistent la coroziune ; realizarea unei acoperiri cu foarte înaltă rezistenţă la temperaturi înalte, cu implicaţii asupra topirii metalelor.

Esenţa procedeului FS constă în plastifierea metalului de adaos — sub formă de sîrmă sau de pulbere — într-o sursă de căldură, care poate fi : flacără oxi-acetilenică (FSO), arc electric (FSE) sau plasmă (FSP), după care se realizează micropulverizarea cu aer comprimat sau chiar cu gazele ce poartă cu mare viteză particulele într-un jet compact pe suprafaţa ce trebuie acoperită. Impactul dintre particulele la mare temperatură şi suprafaţa de acoperit se realizează extrem de energic, permiţînd ancorarea particulelor pe suprafaţă, ca şi între ele, pentru formarea stratului de acoperire.

Prin procedeul FSP se pot aplica acoperiri cu materiale pe care celelalte metode nu le pot realiza, ca de pildă materiale refractare (de obicei wolframul care se topeşte la 3 400°C). Deoarece plasma creează temperaturi extrem de mari, se obţin straturi mai dense şi mai uşor de finisat, durata depunerii este mai redusă, iar grosimea dorită a

Scanned with OKEN Scanner

stratului este mai bine controlată. Procedeul FSP are însă un preț de cost mai ridicat.

În general, procedeul FSO se aplică folosind materialul de adaos sub formă de sîrmă pentru formarea unor straturi de recondiționare din materiale obișnuite, pentru acoperiri de protecție anticorosive mai economice de zinc și aluminiu. În cadrul aceluiași procedeu se folosesc pulberile materialelor de adaos, cînd acestea sînt aliaje sau amestecuri de carburi, ca și pentru straturi de oxizi de aluminiu, titan, crom și zirconiu — toate acestea cînd este necesară obținerea unor straturi mai dense și de structură mai fină.

Procedeul FSP se folosește cu precădere la realizarea straturilor de calitate superioară din metale, materiale ceramice, aliaje speciale, combinații complexe cu carburi, materiale refractare.

Aplicarea practică organizată a sudării de întreținere necesită cunoașterea perfectă a tuturor componentelor acesteia. În acest scop se recomandă întocmirea cîtorva documente terotehnice. În primul rînd se stabilește teroschema activităților caracteristice (TSA).

Atunci cînd obiectul întreținerii este o instalație de producție dintr-o întreprindere industrială, teroschema cuprinde fluxul activităților de producție pe care se marchează componentele ce pot fi reparate prin tehnica sudării de întreținere.

În fig. 24 se arată un exemplu simbolic de TSA. Se remarcă numerotarea „punctelor slabe". Fiecare număr (*1, 2, 3* etc.) reprezintă de fapt o componentă, ce poate fi ilustrată în cadrul TSA, în care caz detaliul sau detaliile sale care necesită aplicarea procedeului tehnologic de recondiționare se evidențiază grafic (de pildă prin îngroșarea liniilor care precizează contururile). Folosirea TSA și de persoane care nu cunosc dinainte întreprinderea este ușurată dacă se trec denumirile compartimentelor componente ale schemei, de pildă : *I*-Descărcare-Stocare ; *II*-Sortare etc. De asemenea, este util, în același scop, de a identifica pe TSA agregatele componente prin denumirea lor în text, de pildă : pompă, moară etc. ca și — în măsura posibilului — prin forma conturului desenat (v. de pildă pompa). În fine, în diferitele agregate ale TSA se pot găsi componente identice (roți dințate, came, robinete etc.) care vor fi însemnate deci cu aceleași numere (*1, 2, 3* etc.).

După întocmirea teroschemei TSA, se întocmesc fișele terotehnologice (FTT), care conțin toate datele asupra componentei și asupra procedeului tehnologic de recondiționare, precum și alte informații considerate drept necesare.

Scanned with OKEN Scanner

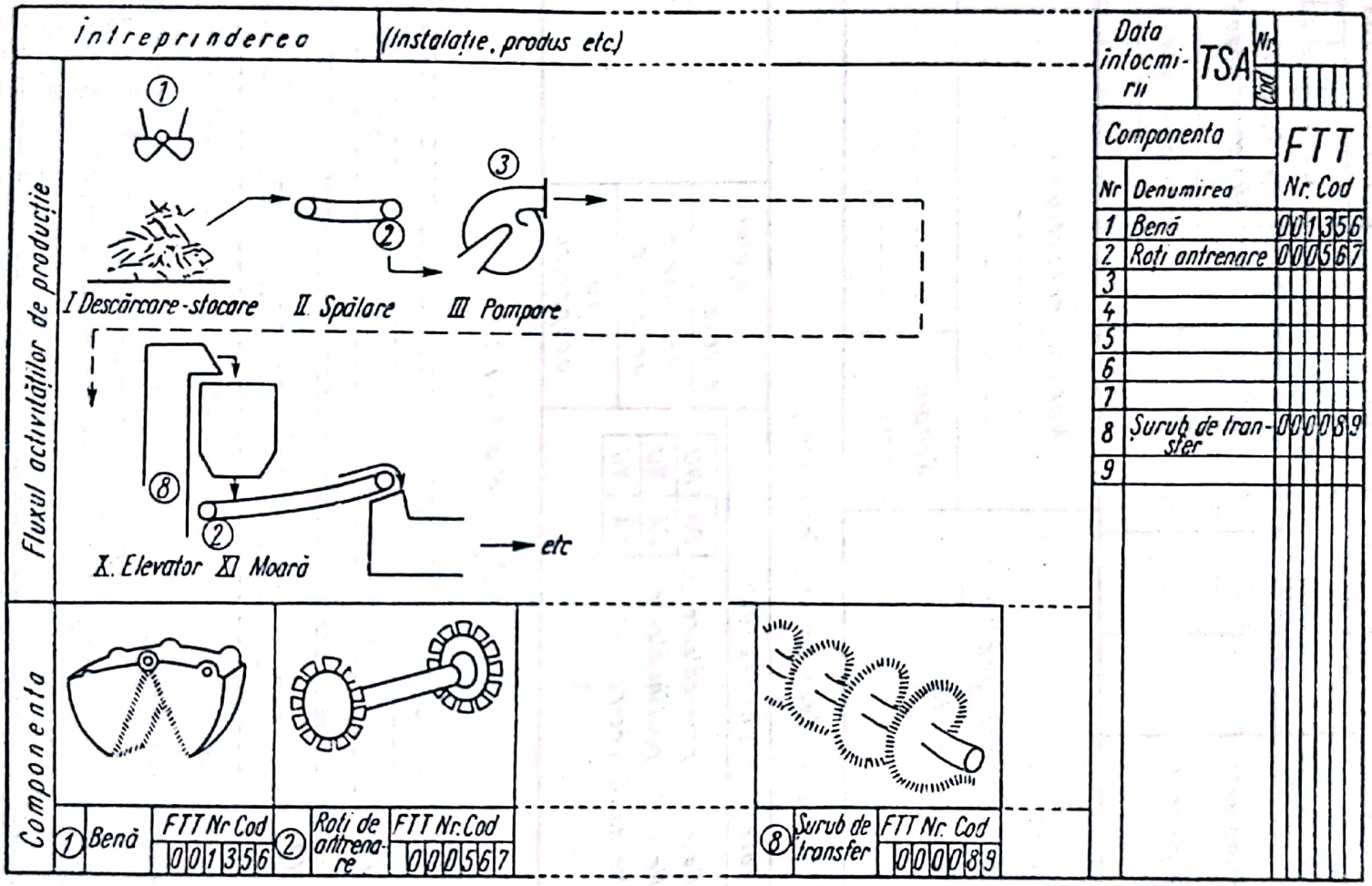

Intreprinderea
(Instalație, produs etc)
Data întocmirii
TSA
Nr
Componenta
FTT
Nr
Denumirea
Nr. Cod
1 Benă 001356
2 Roți antrenare 000567
3
4
5
6
7
8 Șurub de transfer 000089
9
Fluxul activităților de producție
I Descărcare-stocare
II Spălare
III Pompare
X. Elevator
XI Moară
etc
Componenta
1 Benă FTT Nr Cod 001356
2 Roți de antrenare FTT Nr. Cod 000567
8 Șurub de transfer FTT Nr. Cod 000089

Fig. 24.

Denumirea organului terotehnic	Fișa terotehnică pentru: (denumirea componentei)					F.T.T. Nr. cod
Date principale ale componentei		Lungime	Grosime	Masă		Nr. TSA (din care face parte)
						Nr. cod Banca de date
Loc pentru schița sau fotografia componentei						Natura defecțiunii: ---------- ----------
						Scopul remedierii ---------- ----------
Procedeul: (denumire, faza etc.)						
REMEDIEREA	Datele procedeului					Tipul aliajului necesar
	Necesită preîncălzire	DA	NU			Produsele necesare
	Necesită postîncălzire	DA	NU			Tipul acoperirii
	Necesită răcire	DA	NU			
	Operații: (1) ---------- (2) ---------- (3) ----------					

Fig. 25.

Avantajele remedierii

Calitative	Economice
(1)	Costul componentei noi :
.....	Nr. componentelor folosite pe an/lună :
(2)	
.....	
(3)	
.....	

	Costul	
	Anterior	Cu remediere
Starea componentei	Nouă	Rebut
Costul componentelor		
Costul remedierii	x	
Total parțial	(a)	(a')
Valoarea stocului	(b)	(b')
Depozitare, depreciere	(c)	(c')
TOTAL	(a+b+c)	(a'+b'+c')

Economia pe an/lună : $(a+b+c)-(a'+b'+c')$

Durata de serviciu a componentei

Originală	Remediată	Creșterea, %

Informații suplimentare

1 Nr remedierilor posibile la o componentă :
2 Pierderi de producție evitate prin remediere :
3. .....

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 4

Componenta	Cost componentă nouă		Cost remediere		Economii		Observaţii
	UM	%	UM	%	UM	%	
1	2	3	4	5	6	7	8
Rotor turbină Francis	54 400	100	2 516	5	51 884	95	Uzura prin cavitaţie şi eroziune Sudarea posibilă în orice poziţie
Batiu presă cu excentric	32 640	100	8 840	27	23 800	73	
Bloc motor diesel	8 840	100	175	2	8 665	98	
Cilindru maşină fabricarea hîrtiei	8 840	100	2 450	28	3 690	72	Creşterea de două ori a duratei de viaţă a componentei remediate faţă de componenta nouă
Elice navă	8 160	100	380	5	7 780	95	
Benă	7 480	100	2 340	31	5 140	69	
Cupă excavator	6 120	100	650	10	5 470	90	
Cilindru moară îngrăşăminte	5 600	100	3 600	65	2 000	35	Creşterea de două ori a duratei de viaţă
Tambur troliu	4 350	100	245	6	4 105	94	
Arbore rotor motor electric	2 450	100	190	8	2 260	92	
Roată de antrenare	2 450	100	655	27	1 795	73	
Arbore amestecător	1 700	100	520	30	1 180	70	
Corp vană	1 630	100	270	17	1 360	83	
Sabot glisieră	1 630	100	220	14	1 410	86	Uzură suprafeţe alunecare Încărcare cu arc
Şurub transportor	1 333	100	265	20	1 062	80	
Chiulasă motor	1 020	100	245	24	775	76	
Roată dinţată	750	100	110	15	640	85	
Matriţă sticlărie	750	100	120	16	630	84	Creşterea de două ori a duratei de viaţă
Trepan foraj	600	100	230	40	370	60	Idem
Tambur de antrenare	570	100	165	29	405	71	Creşterea de cinci ori a duratei de viaţă
Matriţă pentru ceramică	515	100	150	29	365	71	
Colector de evacuare motor	245	100	40	17	205	83	

Scanned with OKEN Scanner

În fig. 25 se arată un exemplu de FTT. Numărul FTT se poate trece în TSA atît în dreptul ilustrației componentei, cît și în lista denumirii tuturor componentelor identificate în scopul remedierii (v. fig. 24).

Stabilirea tuturor TSA ale unei întreprinderi industriale, împreună cu toate FTT corespunzătoare, permite executarea ușoară și rapidă a remedierilor, precum și aprecierea economiilor realizate pe fiecare instalație în parte și pentru toată întreprinderea. Documentele terotehnologice pot servi și în cazul unei unități centrale specializate în domeniul întreținerii.

Toate FTT reprezintă documentele de bază ale băncii de date. Firește, un anumit tip de componentă poate intra în structura mai multor instalații diferite (mai înainte s-a menționat numerotarea cu același număr). Cu toate acestea, numărul acestui tip în fiecare instalație poate fi diferit, ceea ce modifică calculele economice, iar condițiile de serviciu pot fi și ele deosebite, ceea ce ar putea pretinde procedee distincte de remediere. Din astfel de motive se recomandă ca pentru fiecare componentă să se întocmească o FTT proprie, iar aceasta să fie identificată prin numărul său, apartenența la o instalație anumită fiind definită prin trecerea acestui număr în TSA a instalației respective, ca și prin trecerea numărului (sau denumirii) TSA în FTT a componentei.

Atunci cînd obiectul întreținerii este un parc de produse (mașini, agregate, autovehicule etc.), documentele TSA reprezintă în mod firesc schemele constructiv-funcționale ale produsului, ca de pildă : schema constructivă a componentelor, schema de ungere, schema electrică etc. În principiu și documentele FTT se întocmesc în mod similar cazului precedent. Pentru un parc numeros de produse apare oportunitatea întocmirii unui tip de FTT destinat unor remedieri cu caracter nesistematic, deoarece acestea devin necesare de pildă în cazuri accidentale (un exemplu este remedierea unui bloc motor fisurat).

Procedeele tehnologice de sudare de întreținere permit realizarea unor economii de-a dreptul spectaculoase. La fel de remarcabile apar calitățile crescute ale pieselor remediate, care le conferă durate de serviciu mai mari decît acelea ale pieselor noi. În tabelul 4 se arată astfel de rezultate [37] în care UM este unitatea monetară.

Un calcul economic mai complet ține seama și de pierderile de întrerupere a producției, de costul materialelor, manoperă etc.

Pentru cazul unui carter de fontă spart, cheltuielile comparate între înlocuire sau reparație prin sudare au arătat [37] următoarele (UM fiind Unitatea Monetară) :

Scanned with OKEN Scanner

Înlocuire	UM	Reparație	UM
Costul piesei	1 600	Costul operațiilor auxiliare (oprirea mașinii, preparare, demontare etc., timp de 3 ore)	432
Costul întreruperii timp de opt zile (datorită și termenului de livrare)	1 920	Costul metalului de adaos	48
		Costul manoperei (2 ore)	80
		Costul energiei electrice	2
Costul total al înlocuirii	3 520 UM	Costul total al reparației	562 UM

Este de la sine înțeles că documente similare celor întocmite pentru procedeul de recondiționare prin sudare se recomandă a se întocmi și pentru oricare alte procedee folosite.

Documentele TSA și FTT se încorporează într-o bancă de date, astfel încît acestea pot fi obținute centralizat în vederea aplicării la orice alte instalații sau produse. Documentele FTT propuse, fiind codificate, se pot obține nu numai pentru componentele unei TSA ce a fost cerută (FTT sînt cuprinse codificat în TSA — v. fig. 24), ci și în mod separat pentru orice caz de componentă în parte.

De asemenea, după întocmirea fluxului de activități de producție pentru o instalație nouă sau un produs nou, se pot obține imediat toate FTT existente pentru componentele ce le cuprinde și noua instalație sau noul produs.

Normalizare. Standardizare. Tipizare

Disponibilitatea unui produs depinde în mod firesc de standardizarea elementelor sale componente, presupunînd îndeplinită condiția de calitatea ridicată a produsului selectat pentru a fi standardizat.

Tipizarea pe familii similare de produse, compuse din aceleași tipuri de elemente și deosebite doar prin numărul sau dispoziția acestora, este recunoscută unanim ca un mijloc de mare eficiență pentru realizarea unei disponibilități ridicate.

Există, fără îndoială, anumite limite și în aplicarea politicii de standardizare-tipizare. În adevăr, reducerea numărului de tipuri de produse nu trebuie să ducă la situații în care se poate folosi numai un tip superior sau unul inferior cerințelor în cauză. De asemenea, standardizarea elementelor componente ale produsului trebuie să evite frînarea dezvoltării produsului.

Scanned with OKEN Scanner

Uneori standardizarea excesivă poate duce la dependența totală față de unul sau numai cîțiva fabricanți de elemente standardizate. În orice caz, se înregistrează dificultăți deosebite în ajungerea la un nivel rațional de normalizare. Existența uneori în acordurile bilaterale de asistență tehnică a clauzei de a cumpăra obligatoriu echipamentele din țara donatoare complică mult activitățile de normalizare. Nivele satisfăcătoare în această direcție se ating doar atunci cînd echipamentele se fabrică în țara care le utilizează [40].

În fine se amintește faptul discutat mai înainte în legătură cu politica pieselor de schimb : consecințele standardizării pot provoca cheltuieli mari de întreținere atunci cînd structura acesteia este bazată pe utilizarea pieselor de schimb.

Colectarea și prelucrarea datelor

Într-un sistem terotehnic, colectarea și prelucrarea datelor asupra comportării produselor în durata lor de utilizare reprezintă una dintre cele mai importante activități. Într-adevăr, tocmai pe această cale se poate organiza feed-back-ul spre concepție, în vederea modificărilor necesare micșorării cheltuielilor de întreținere ale produselor — ceea ce constituie trăsătura fundamentală a terotehnicii.

În general, datele care interesează sistemul terotehnic sînt acelea care generează cheltuielile de întreținere : costul și frecvența reparațiilor și reviziilor ; durata de viață a componentelor ; tipurile și frecvența defecțiunilor ; costul materialelor și manopera de întreținere ; evoluția în durata de funcționare a tuturor cheltuielilor de întreținere etc. Cele mai multe din aceste date sînt înmagazinate în surse existente în orice sistem tehnic rațional exploatat : documentele proceselor de fabricație, fișele de calitate, prescripții și instrucțiuni de utilizare etc.

Pentru o întreprindere producătoare se organizează fișiere în care se înmagazinează în primul rînd datele și informațiile necesare execuției produselor. În mare, există necesitatea a trei fișiere de date : al serviciului constructor, al serviciului aprovizionare și al serviciului vînzări.

Sursele de date ale întreținerii trebuie însă organizate într-un fișier propriu în care să se înmagazineze numai datele specifice. Chiar dacă nu se poate introduce de la început tratarea automată a datelor, documentele întreținerii trebuie organizate astfel încît să permită trecerea la prelucrarea automtă, fără modificări sau cu modificări neînsemnate ale documentelor.

Una din condițiile esențiale în acest scop este aceea de a codifica produsele (echipamentele) precum și activitățile întreținerii. Astfel,

Scanned with OKEN Scanner

pentru o întreprindere prelucrătoare înzestrată cu un număr mare de diferite tipuri de mașini-unelte, codificarea acestora în vederea recunoașterii lor poate fi integrată într-un sistem numeric, care cuprinde toate instalațiile, echipamentele etc. ce fac obiectul operațiilor de întreținere din întreprindere. Se poate adopta de pildă descrierea prin cinci cifre dintre care : prima cifră arată tipul mașinii ; a doua și a treia cifră descriu specialitatea și mărimea mașinii ; ultimele două cifre identifică mașina fizică (inventar).

Pentru exemplificare se precizează :

Tipurile de mașini (echipamente etc.) (prima cifră) : 1. Strunguri ; 2. Mașini de frezat ; 3. Mașini de găurit ;... 6. Cuptoare ;... 8. Echipament de transport ; 9. Mașini de birou.

Specialitatea și mărimea (următoarele două cifre) : 11. Strung paralel ;... 13. Strung revolver ;... 21. Mașină de frezat universală... etc.

Prin urmare, numărul de cod 1.13.27 înseamnă strungul revolver cu nr. 27.

Pentru operațiile specifice întreținerii devine necesară codificarea numerică mai ales în scopul economisirii de timp (o mașină mare de prelucrarea datelor poate să scrie și texte obișnuite, dar economia de timp realizată prin transcrierea numerică a multe date poate deveni substanțială).

Prima codificare este de dorit să fie acordată descrierii defectărilor înregistrate. În exemplul dat, defectarea ar putea fi formulată cauzal (material, prelucrare, concepție etc.), conținînd însă în mod inerent și o răspundere ca diagnosticare corectă. De cele mai multe ori, defectelor li se poate atribui o singură cifră de cod, deoarece cauzele acestora pot fi stabilite la un număr ce nu depășește 9. De pildă : 1. Defect de material ; 2. Uzare anormală ; 3. Supraîncărcare ; 4. Ungere insuficientă ; 5. Reparație incorectă ;... 7. Concepție greșită ;... 9. Manipulare greșită.

În ceea ce privește componența la care s-a localizat defecțiunea, aceasta poate fi descrisă printr-o combinație cu numărul de cod al mașinii din care face parte.

În fine, codificarea operațiilor de întreținere și a frecvenței lor se poate face în funcție de cerințele organizării sistemului terotehnic. De pildă, dacă interesează clasificarea genului de operații, se poate codifica după cum urmează : 1. PREMENT — curățire ; 2. PREMENT — ungere ; 3. PREMENT — inspectare ;... 5. CORMENT după inspectare ; 6. CORMENT după defectare ;... 8. Revizie.

În ceea ce privește frecvența operațiilor, aceasta trebuie codificată la utilizarea mașinilor de tratare a informațiilor, iar codul poate fi cronologic sau după tipul mașinilor etc. Se poate utiliza codul

Scanned with OKEN Scanner

următor : 0. O dată pe schimb ; 1. O dată pe zi ; 2. O dată pe săptămînă ;... 5. O dată pe semestru...

Folosirea prelucrării automate a datelor întreținerii aduce avantaje economice însemnate.

Problemele de cea mai mare anvergură le ridică colectarea și prelucrarea datelor întreținerii pentru un parc de produse specializate (autocamioane, locomotive etc.). În aceste cazuri, sursele de date trebuie organizate astfel încît să conțină toate informațiile necesare prelucrării lor nu numai pur statistice, ci și în vederea posibilității de a stabili soluții noi, de fiabilitate mai mare și de mentenabilitate mai rațională. Și aceasta, în mod realistic, adică ținînd seama de modul în care se pot completa corect formulare, fișe etc. de către personalul disponibil, precum și de disciplina și pregătirea profesională ale acestuia.

În fig. 26 se arată un model simplu de raport asupra defectării unui autovehicul dintr-un parc. Pentru analiza defecțiunilor s-a trecut o specificație de cod, care poate fi descrisă de următoarea clasificare :

A. MOTOR : a. Ambielaj ; b. Distribuție ;... d. Instalația de injecție ; e. Instalația de ungere ; g. Instalația de răcire ;...

Întreprinderea	*Autovehiculul (denumirea, tipul, nr. de identificare)* *Autocamion etc.* .....
Localizarea defectării (motor, suspensie etc.) *Cod* ☐☐☐☐☐☐	*Nr. km rulați până la defectare* ..... / *Data intrării în serviciu* .....
Descrierea defectului	*Măsurile de remediere luate* .....
Durata întreruperii serviciului datorită defectării	*Costul remedierii* ..... *Manoperă* ..... *Materiale* .....
Data	*Semnătura* .....

Fig. 26.

Scanned with OKEN Scanner

B. AMBREIAJ+CUTIA DE VITEZE : a. Ambreiaj b. Cutia de viteze c. Pîrghii de comandă.

C. TRANSMISIA.

D. PUNTEA DIN SPATE : a. ; b. ; c.

E. PUNTEA DIN FAȚĂ.

F. MECANISMUL DE DIRECȚIE.

G. ȘASIUL.

H. SUSPENSIA : a. Suspensia față ; b. Suspensia spate.

I. SISTEMUL DE FRÎNARE : a. ; b. ; c. ; d.

K.

L.

M. INSTALAȚIA ELECTRICĂ : a. ; b. ; c. ; d.

N.

O.

Pe această cale se poate realiza o analiză rapidă a defecțiunilor ca în fig. 27, în care pentru fiecare tip de autovehicul defectat din parc se notează numărul defecțiunilor de un anumit tip menționate în rapoartele de defecțiuni (fig. 26), după codul stabilit. Examinarea fig. 27 înlesnește stabilirea rapidă atît a celor mai numeroase componente defectate (de ex., A.g==instalațiile de răcire a motoarelor, în număr de 32 în exemplul din fig. 27), cît și tipurile de autovehicule cu defecțiunile cele mai frecvente.

Înainte de a continua observațiile asupra modului de recoltare a datelor, la un parc de autovehicule este deosebit de important să se cunoască și regimurile de funcționare ale acestora, în vederea asocierii, la interpretarea defecțiunilor, a modului de utilizare a auto-

Autovehiculul		*Defecțiuni codificate*				
Fabricat	*Tip*	*A*	*B*	*C*	*D*	
		a – 5 *c – 1*				
		b – 4 *g – 9*				
		a – 8 *f – 3* *g – 16*				
		a – 5 *e – 2* *g – 7*				

Fig. 27.

Scanned with OKEN Scanner

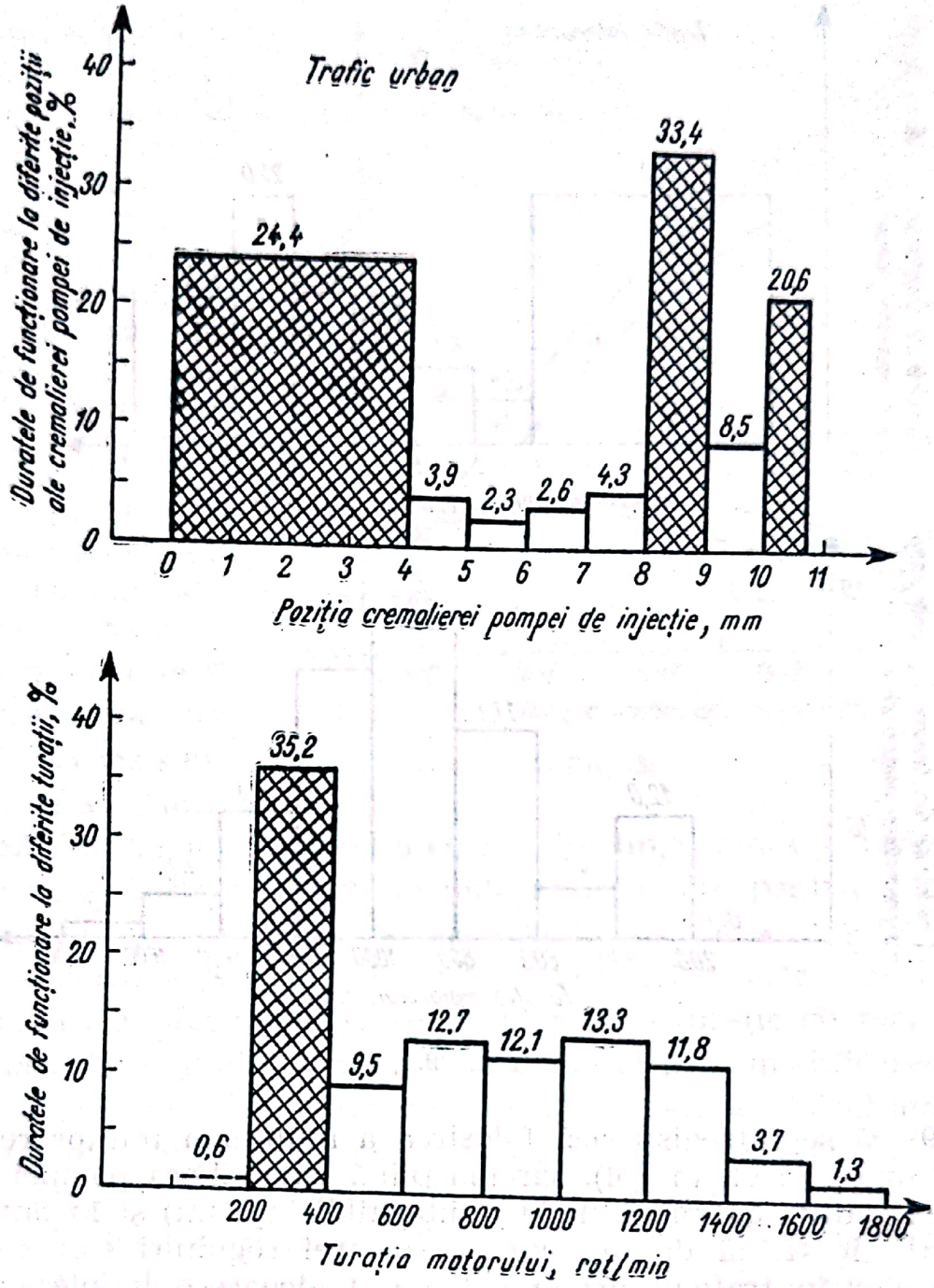


Fig. 28.

vehiculelor (gradul de severitate a serviciului). Astfel, în fig. 28 se arată rezultatele obținute la analiza indicațiilor unui regimometru pentru autobuze cu motoare diesel în trafic urban aglomerat, iar în fig. 29 pentru trafic interurban [33]. Se observă că, dealtfel cum era de așteptat, în traficul urban aglomerat motoarele autobuzelor sînt folosite majoritar în timp doar în trei regimuri funcționale :

Scanned with OKEN Scanner

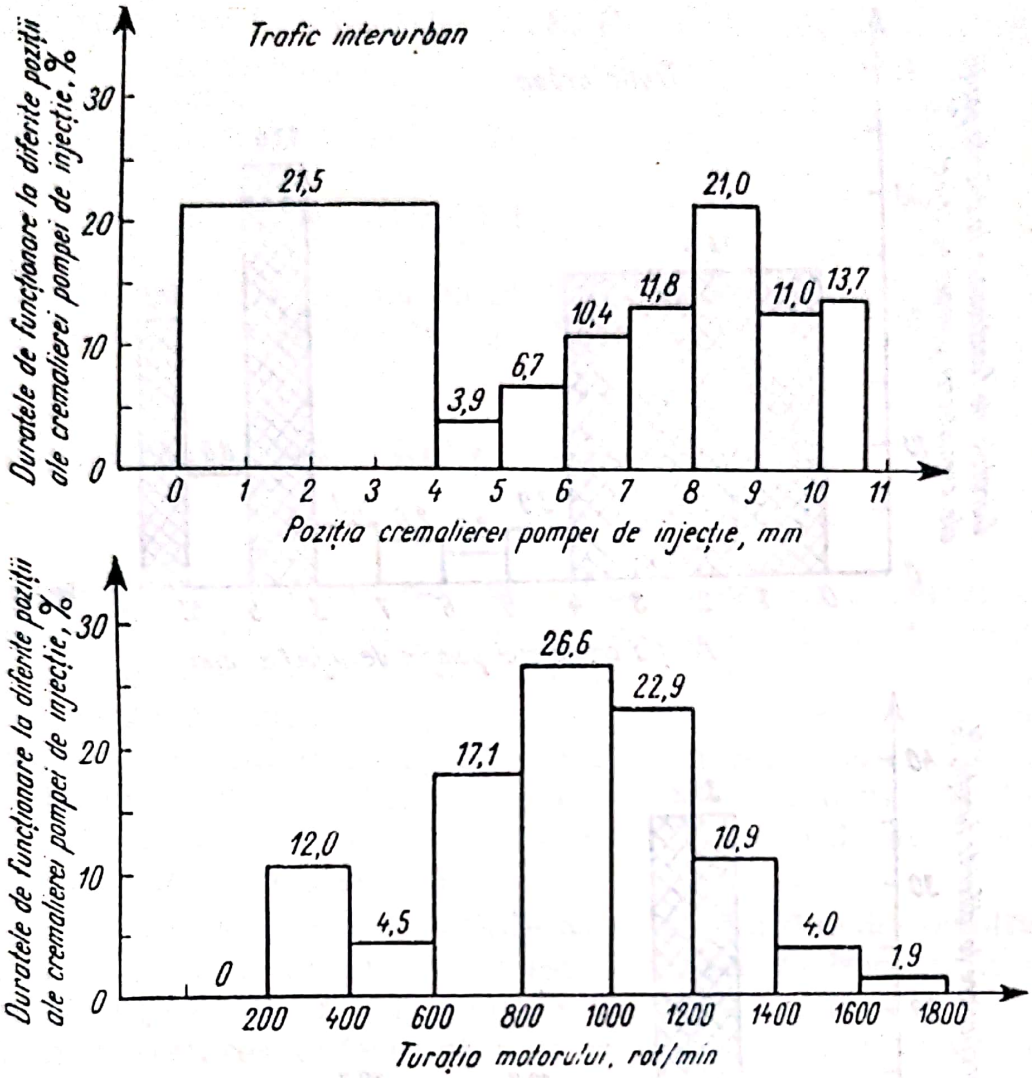


Fig. 29.

(fig. 29) că se întregistrează folosirea a mult mai multor regimuri ralanti (mers încet, în gol), sarcina plină (cremaliera pompei de injecţie la cantitatea maximă de combustibil injectat) și în antrenare fără injecţie (frînă de motor). Aceste trei regimuri sînt specifice autobuzelor în traficul urban aglomerat, deoarece la plecarea din staţie se accelerează energic, apoi, odată cu frînarea pentru oprirea la următoarea staţie sau la semaforul cu lumina roșie, din cauza blocării traficului sau pentru evitarea coliziunilor, se folosește și frîna de motor, pentru ca în fine la oprirea autobuzului să se realizeze regimul de ralanti.

Pentru autobuzele angajate în traficul interurban se observă (fig. 29) că se înregistrează folosirea a mult mai multor regimuri de sarcină în proporţii diferite, față de cazul traficului urban.

Scanned with OKEN Scanner

O observaţie trebuie reţinută : în timp ce intervalul de turaţii ale motorului este între aproximativ 200 şi 1 800 rot/min, doar 5—6% din durata totală de utilizare prezină turaţii mai mari decît 1 400 rot/min. Această situaţie se realizează atît în traficul urban, cît şi în cel interurban. Consecinţa acestei situaţii este aceea că, pentru motoarele de autobuze, valoarea puterii maxime a motorului (la turaţia maximă limitată a acestuia) nu este de loc importantă şi deci de asemenea nici valoarea raportului putere/masă care pentru alte tipuri de autovehicule este foarte strîns specificată. Ceea ce este cu adevărat important pentru motoarele autobuzelor este că valoarea maximă a cuplului motor să se găsească la o turaţie cît mai redusă, lucru posibil de realizat la motoarele diesel prin modificarea adecvată a echipamentului de injecţie. În fig. 30 se arată rezultatele unei astfel de intervenţii : cuplul maxim s-a realizat la 900—1 000 rot/min, ceea ce a dus şi la o cădere foarte avantajoasă a cuplului către turaţii mari astfel încît se reduce şi frecvenţa utilizării treptelor inferioare ale cutiei de viteze la urcarea rampelor, cu consecinţele salutare cunoscute asupra consumului de combustibil. În felul acesta se ajunge la observaţia că regimul de lucru al motoarelor de autobuze este relativ uşor, mai ales în comparaţie cu alte tipuri de utilizări.

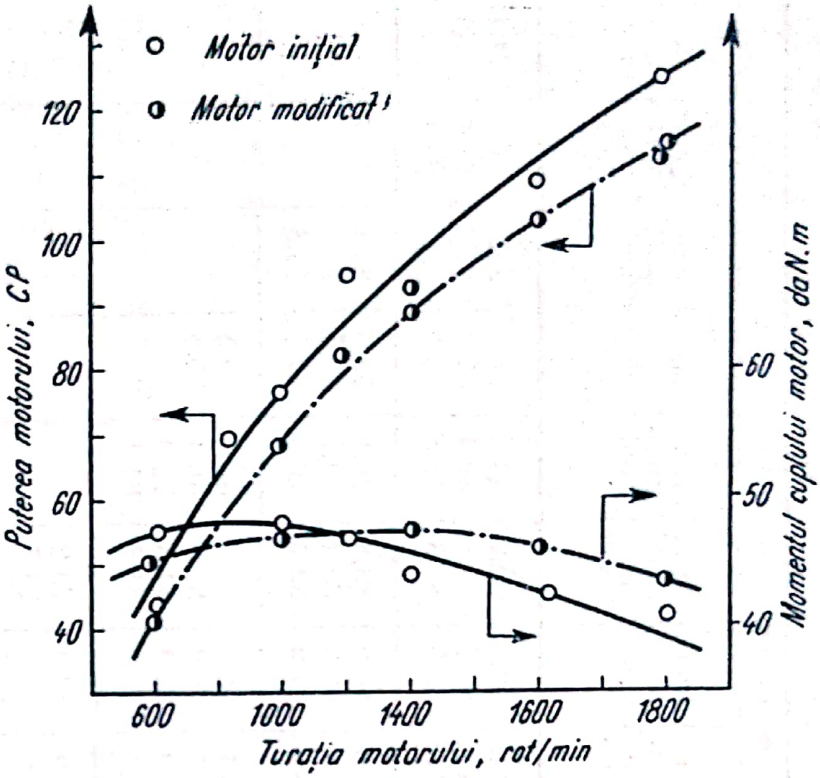


Fig. 30.

În tabelul 5 se arată evoluţia pe o perioadă de 5½ ani a unor motoare de autobuze [33] în trafic urban, în funcţie de intrarea acestora în serviciu, astfel încît se poate stabili „supravieţuirea" (rămînerea în serviciu), precum şi defectarea lor.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5

Data intrării în serviciu	Număr de motoare	Procentul motoarelor în serviciu după: Zero săptămîni	26 săptămîni	52 săptămîni (1 an)	78 săptămîni	104 săptămîni (2 ani)	130 săptămîni	156 săptămîni (3 ani)	182 săptămîni	208 săptămîni (4 ani)	234 săptămîni	260 săptămîni (5 ani)	286 săptămîni
29.VI.1959	43	100	100,0	97,7	97,7	95,3	93,0	90,7	88,4	86,0	83,7	81,4	74,4
23.IX.1959	*113	100	99,1	99,1	98,2	96,5	94,7	93,8	89,4	87,6	83,2	81,4	78,8
28.X.1959	99	100	99,0	97,0	94,9	92,9	89,9	84,8	79,8	76,8	73,7	62,6	
25.III.1960	110	100	99,1	97,3	95,5	93,6	90,0	83,6	79,1	73,6	69,1	63,6	
27.VI.1960	104	100	99,0	99,0	99,0	97,1	93,3	89,4	86,5	80,8	72,1		
26.IX.1960	*141	100	97,2	97,2	93,6	90,8	87,9	83,0	79,4	75,2	73,8		
2.I.1961	122	100	98,4	98,4	97,5	95,1	95,1	93,4	86,1	79,5			
3.IV.1961	110	100	98,2	96,4	95,5	92,7	90,9	88,2	86,4	85,5			
3.VII.1961	99	100	100,0	100,0	98,0	92,9	86,9	81,8	76,3				
2.X.1961	*127	100	98,4	96,9	91,3	87,4	85,0	81,9	81,1				
1.I.1962	124	100	100,0	95,2	91,1	87,9	83,9	73,2					
2.IV.1962	83	100	100,0	97,6	94,0	88,0	80,7	74,7					
2.VI.1962	7	100	85,7	85,7	85,7	85,7	85,7						
1.X.1962	18	100	94,4	88,9	88,9	88,9	88,9						
31.XII.1962	39	100	97,4	97,4	97,4	94,9							
1.IV.1963	22	100	90,0	90,9	90,9	90,9							
1.VII.1963	23	100	100,0	100,0	100,0								
30.IX.1963	20	100	90,0	90,0	90,0								
30.XII.1963	38	100	94,7	94,7									
30.II.1964	23	100	100,0	100,0									
29.VI.1964	33	100	100,0										
28.IX.1964	35	100	94,3										
28.XII.1964	42	100											

Scanned with OKEN Scanner

În fig. 31 s-au reprezentat grafic grupele cele mai mari de autobuze intrate în serviciu (însemnate cu asterisc în tabelul 5) la aceeaşi dată (pentru fiecare grupă). Reprezentarea în diagrama cu abscisa logaritmică arată că distribuţia defecţiunilor este aproape normală, atunci cînd s-au obţinut date pînă la 312—364 săptămînal. Într-adevăr, aproximativ 50% din motoarele celor trei grupe au ieşit din serviciu între 6 şi 7 ani, durate care reprezintă media duratei de serviciu într-o distribuţie normală gaussiană).

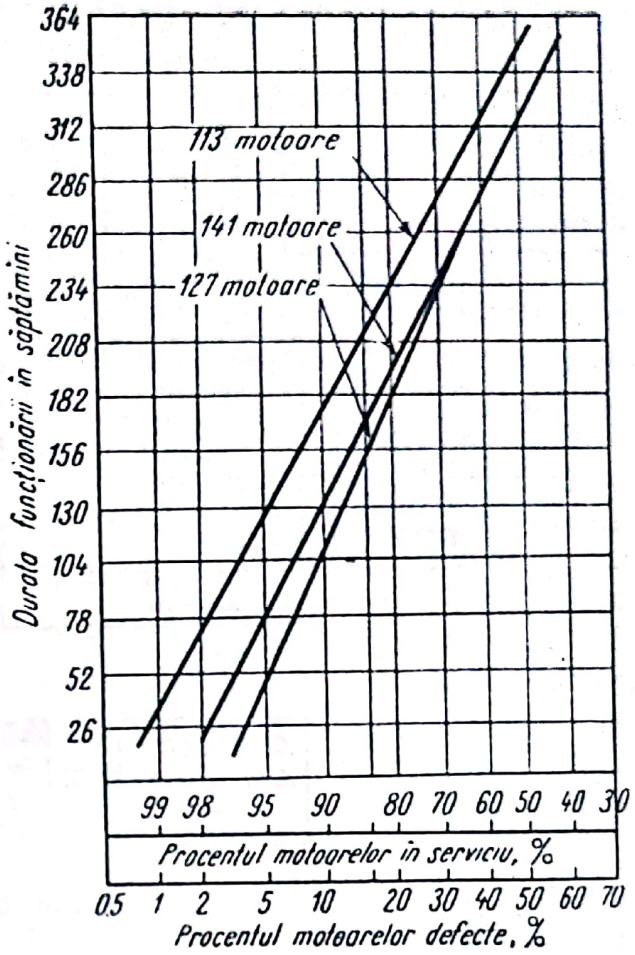


Fig. 31.

Astfel de analize se realizează nu numai pentru motorul în ansamblu, ci şi pentru componentele sale, de fapt pentru acele componente ale căror defectări au scos motorul din funcţionare.

Raportarea defecţiunii componentelor (de ex. prin formulare de tipul celui din fig. 26 pentru fiecare defect în parte) trebuie să precizeze diagnosticul — cauzele defectării. Pe această cale, pe de-o parte se poate determina volumul componentelor defectate şi frecvenţa defectărilor, iar pe de altă parte devine posibilă descoperirea unor cauze de defectări sistematice şi prin aceasta determinarea soluţiilor pentru eliminarea lor prin modificări corespunzătoare ale construcţiei componentelor. În acest scop, fiecare formular de raportare a defecţiunilor va purta şi un număr de cod (v. fig. 26) pentru înmagazinare în banca de date, numărul avînd atîtea cifre cîte sînt necesare pentru definirea părţii sau componentei, defectate, natura defectării, durata de la intrarea în serviciu pînă la defectare, durata întreruperii datorită defectării, costul remedierii etc.

Este prin urmare posibil să se poată stabili o serie de indicatori de fiabilitate, de cheltuieli etc. Se înţelege că într-un sistem terotehnic organizarea feed-back-ului datelor de fiabilitate ale produselor din exploatare este o condiţie esenţială a existenţei sistemului însuşi.

Scanned with OKEN Scanner

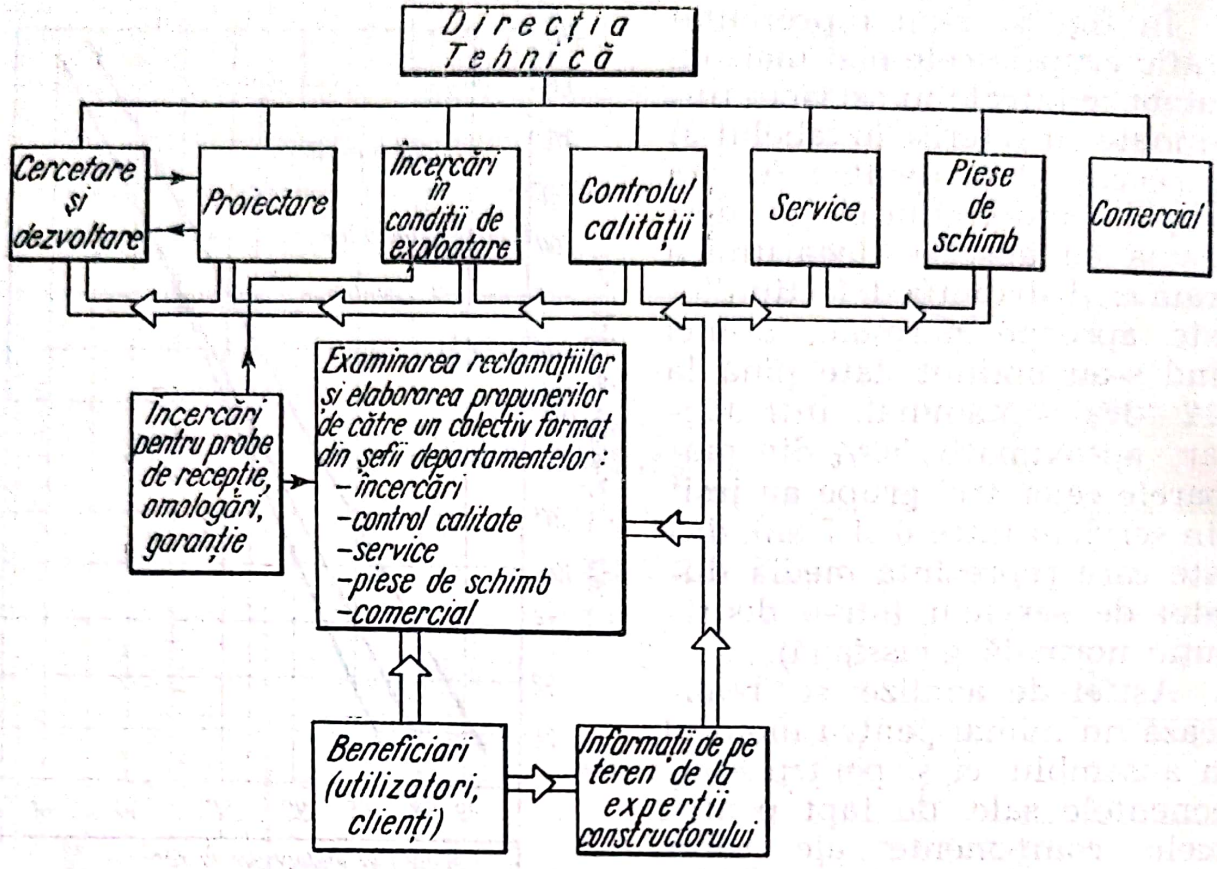


Fig. 32.

Tipurile de organizare depind structural de natura produsului și de natura relațiilor dintre beneficiari și constructor. De aceea, schema organizării se întocmește pentru fiecare caz în parte. În fig. 32 se arată o schemă de organizare a circulației informațiilor de la beneficiari la constructor.

*

* *

Oricît de bine ar fi organizat sistemul de colectare și prelucrare a datelor, oricît de exact ar fi elaborat modelul matematic al activităților, rezultatele folosirii acestora depind de acuratețea datelor într-un grad hotărîtor. Sursele de inacurateță a datelor disponibile pot fi atît subiective, cît și obiective : — consemnarea eronată din neglijență a datelor numerice (durate, cheltuieli etc.) ; aprecieri incorecte ale diagnosticurilor ; lipsa de informații asupra prețurilor unor componente, materiale etc.

Firește, eliminarea acestor deficiențe pretinde un control riguros, repetat și multiplu asupra activității de înregistrare a datelor. De ase-

Scanned with OKEN Scanner

menea este necesară deținerea de informații și date ale pieții — în primul rînd ale concurenței.

Cum însă toate aceste activități impun cheltuieli — uneori însemnate — precum și timp, în cazuri de urgență trebuie încercată rezolvarea deciziei chiar cu date mai puțin exact cunoscute, dar în mod obligatoriu numai după controlarea mărimii efectelor utilizării unor date cu valori variabile datorită lipsei de informații. Robustețea unei soluții trebuie, cu alte cuvinte, determinată prin analiza sensibilității soluției față de variația unor date componente. De pildă, cheltuielile totale depinzînd și de costul înlocuirii C_i, dacă acesta nu poate fi cunoscut cu siguranță, se procedează la calcularea cheltuielilor totale cu diferite valori ale lui C_i. Dacă factorul principal — durata optimă T_i între înlocuiri — este puternic modificat de variațiile cheltuielilor de înlocuire C_i (fig. 33, *a*), atunci o decizie nu poate fi luată fără obținerea informațiilor necesare asupra valorii C_i. Dacă însă variațiile C_i conduc la modificări neînsemnate ale lui T_i (fig. 33, *b*), atunci decizia de înlocuire se poate lua. Într-adevăr, luarea deciziei are drept obiect durata de timp între două înlocuiri, nu și costul înlocuirii. Tocmai din acest motiv nu este importantă diferența de costuri ale înlocuirii și influența sa asupra cheltuielilor totale.

Aplicarea unei astfel de analize, în afară de determinarea posibilității de a lua o decizie, mai are avantajul de a atrage atenția asupra acelor informații și date a căror cunoaștere este absolut necesară, necesită urgență și deci își motivează finanțarea.

În afară de exemplele precedente mai poate exista situația în care cuantumul cheltuielilor totale are, prin structura sa, o valoare foarte

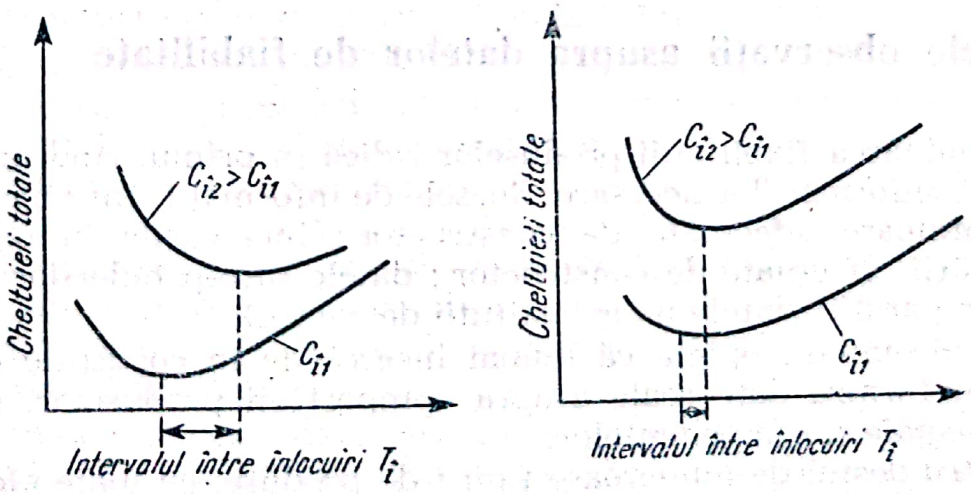


Fig. 33.

Scanned with OKEN Scanner

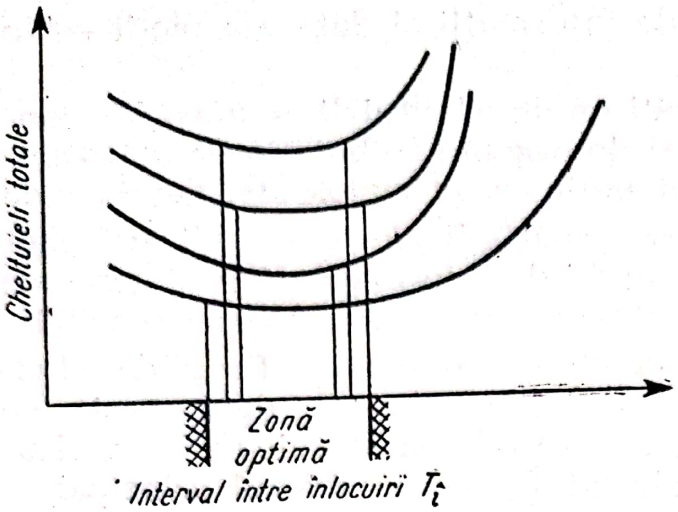


Fig. 34.

puțin variabilă într-o zonă mai largă a timpilor optimi de înlocuire (fig. 34). Această situație apare în cazul unor produse de foarte mare calitate, de înaltă fiabilitate. Se observă că diferențe chiar foarte mari în valorile calculate ale cheltuielilor totale (datorate de pildă necunoașterii exacte a prețurilor produselor noi, de înlocuire, care se va produce după mari intervale de timp) nu împiedică alegerea unui timp de înlocuire care să se plaseze în zonele optimale, adică a cheltuielilor totale minime, în oricare variantă de calcul.

Calculele în astfel de cazuri se fac după relația :

$$C_T = \frac{C_p \cdot [1 - F(T)] + C_n \cdot F(T)}{\int_0^T [1 - F(T)] \cdot d(T)},$$

în care : C_T reprezintă cheltuielile totale ; C_p —costul înlocuirii planificate ; $F(T)$ — probabilitatea defectării înainte de termenul planificat T ; $1—F(T)$ — probabilitatea de supraviețuire pînă la termenul planificat T ; C_n — costul înlocuirii neplanificate.

Numitorul relației precedente are semnificația de durată medie de serviciu îndeplinit.

Unele observații asupra datelor de fiabilitate

Examinarea fiabilității produselor ridică în primul rînd problema obținerii informațiilor necesare. Sursele de informații sînt : încercările în laboratoare, efectuate de constructor ; încercările în condițiile exploatării, efectuate de constructor ; datele întreprinderilor de service și reparații ; datele unor instituții de control.

S-a încetățenit opinia că numai încercările în condițiile exploatării pot furniza date reale asupra comportării produselor, părților lor principale și componentelor.

Pentru destul de numeroase tipuri de produse, cu toate eforturile depuse, nu se dispune încă de date complete pentru stabilirea fiabili-

Scanned with OKEN Scanner

tăţii produsului, nici de ansamblu, nici pentru părţi şi componente. Un astfel de caz îl constituie parcurile de autovehicule pentru transportul în comun şi mai ales de autobuze.

Unele întreprinderi constructoare de autobuze au organizat sisteme de informaţii de fiabilitate, cu clasificarea defecţiunilor, cu înmagazinarea datelor pe cartele perforate şi prelucrarea lor la calculator. Din păcate, băncile de date astfel create conţin informaţii aproape numai pentru perioada de garanţie oferită de constructor — de fapt acesta fiind interesul său major comercial — adică pentru o perioadă neinteresantă faţă de durata totală de serviciu. În adevăr, în durata de garanţie, numărul defectărilor este, în general, mai puţin de 10% din numărul de defectări al duratei totale de viaţă a autobuzelor.

Destul de recent [39], constatîndu-se insuficienţa datelor şi imposibilitatea obţinerii acestora doar din surse separate, se promovează înregistrarea unor grupe mari de date în colaborare strînsă şi continuă între constructor şi beneficiar. În tabelul 6 se arată un model de date caracteristice pentru determinarea fiabilităţii.

Datele caracteristice pentru fiabilitatea componentelor nereparabile sînt definite suficient prin viaţa medie a produsului, adică de mărimea care apreciază funcţionarea fără defectări pînă la o condiţie limită pentru un număr anumit de produse. Trebuie determinat apoi procentul p, din populaţia totală a unui produs care va ajunge sau va depăşi durata de funcţionare garantată fără defectări. Valoarea p a produselor fără defectări se determină corespunzător probabilităţii de producere a defectărilor în condiţiile serviciului. Astfel, $p=85\%$ corespunde faptului că 85% din produse vor ajunge fără defectări la finele duratei de garanţie.

În ceea ce priveşte componentele reparabile, pentru acestea trebuie să se determine duratele medii de serviciu precum şi valorile p corespunzătoare pentru : durata pînă la prima reparaţie capitală RC ; duratele între RC ; durata totală de serviciu.

În acelaşi fel se procedează şi pentru părţile principale şi pentru componentele reparabile şi nereparabile. Sfîrşitul duratei de serviciu se precizează atunci cînd reparaţiile nu mai sînt rentabile. Durata medie între defectări este o altă dată caracteristică pentru fiabilitate.

Determinarea duratelor şi cheltuielilor specifice de întreţinere şi reparaţii face posibilă aprecierea mentenabilităţii şi indicatorului de reparabilitate. Frecvenţa întreţinerii este de asemenea o dată caracteristică importantă.

Cu toate că aceste date pot fi uşor stabilite într-o primă aproximaţie ca valori medii pe durata totală de serviciu, ele variază în realitate odată cu „îmbătrînirea" parcului circulant. De fapt acestea

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 6

	Denumirea	Simbolul și unitatea de măsură	
		10^3 h	10^3 km
Autovehicule și părți principale din componente reparabile	Durata medie pînă la prima RC*	l_1	L_1
	Cuantumul p al duratei precedente	l_{1p}	L_{1p}
	Durata medie între RC	l_2	L_2
	Cuantumul p al duratei precedente	l_{2p}	L_{2p}
	Durata medie totală	l_s	L_s
	Cuantumul p al duratei precedente	l_{sp}	L_{sp}
	Durata medie între defectări	l_d	L_d
Componente reparabile	Durata medie pînă la prima RC	l_r	L_r
	Cuantumul p al duratei precedente	l_{rp}	L_{rp}
	Durata medie între RC	l_{br}	L_{br}
	Cuantumul p al duratei precedente	l_{brp}	L_{brp}
	Durata medie totală	l_{sr}	L_{sr}
	Cuantumul p al duratei precedente	l_{srp}	L_{srp}
Componente nereparabile	Durata medie pînă la înlocuire	l_{nr}	L_{nr}
	Cuantumul p al duratei precedente	l_{nrp}	L_{nrp}
Părți principale și componente	Durata specifică pentru întreținere și reparație	$t_{mr}\left[\frac{\text{oameni} \times \text{ore}}{10^3 \text{ h}}\right]$	$T_{mr}\left[\frac{\text{oameni} \times \text{ore}}{10^3 \text{ km}}\right]$
	Cheltuieli specifice pentru PREMENT și CORMENT	$c_s\left[\frac{\text{lei}}{10^3 \text{ h}}\right]$	$C_s\left[\frac{\text{lei}}{10^3 \text{ km}}\right]$
	Frecvența întreținerii	$f[10^3 \cdot \text{h}]$	$F[10^3 \cdot \text{km}]$

* RC — reparație capitală

Scanned with OKEN Scanner

constituie criteriul principal al eficienței economice a extinderii serviciului peste o anumită limită.

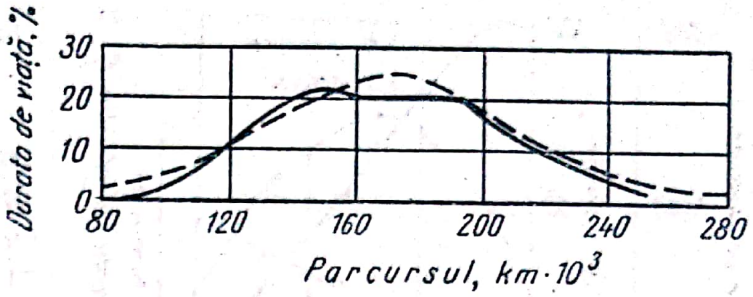


Fig. 35.

Datele recoltate au înlesnit determinarea duratelor de viață a diferitelor componente. Astfel, în fig. 35 se arată distribuția duratelor de viață a unei roți dințate principale din cutia de viteze după datele colectate cît și după distribuția normală (gaussiană) calculată (linia întreruptă) evidențiindu-se o corespondență satisfăcătoare. Durata medie de viață poate fi determinată astfel : dacă, de pildă, L_{nr}=171 000 km iar p=90%, atunci L_{nrp} = =124 000 km.

La determinarea duratei medii între defectări trebuie făcută o distincție netă între defectările sistematice și cele întîmplătoare. Astfel, de exemplu, la examinarea defectărilor motoarelor unor autovehicule de 4 t, s-a înregistrat rata defectărilor înregistrată în fig. 36, *a*, deci numărul total de defectări la km parcurs. Detaliînd cauzele defectărilor, acestea s-au putut grupa în : *b* — defectări sistematice produse de uzare ; *c* — defectări sistematice datorate altor cauze ; *d* — defectări întîmplătoare. În fig. 36 se arată și dinamica acestor tipuri de defectări, observîndu-se că, în timp ce defectările întîmplătoare au o valoare pe km aproape constantă în perioada examinată, defectările sistematice se acumulează într-un interval dat.

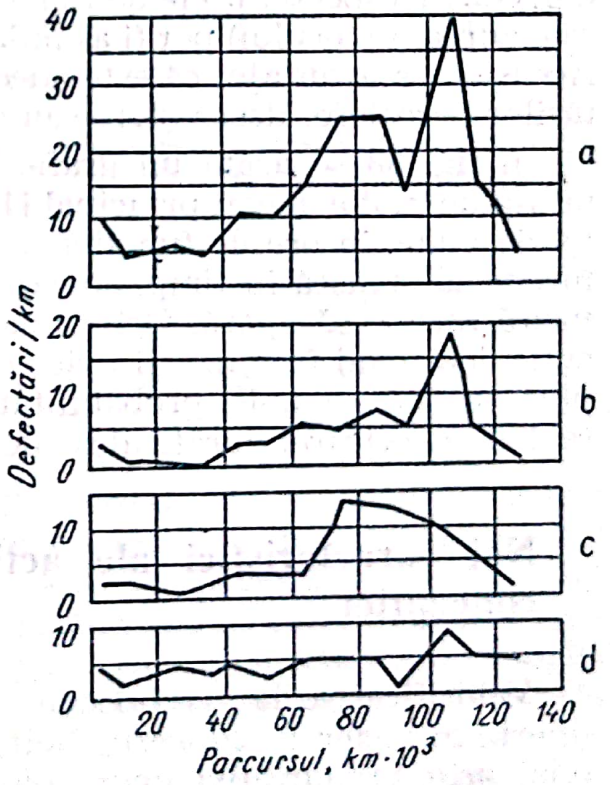


Fig. 36.

Urmărind un tip dat de defectare, de pildă defectarea garniturii de etanșare dintre chiulasa și blocul cilindrilor unor motoare diesel, s-au înregistrat date care au permis să se calculeze frecvența defectărilor cu relația

Scanned with OKEN Scanner

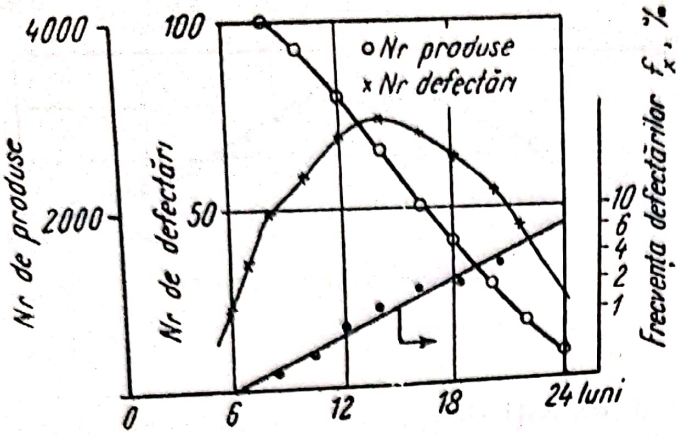


Fig. 37.

$$f_x = \frac{q_x}{\sum_{j=1}^{j=n} a_j - \sum_{j=1}^{j=x-1} a_j} \cdot 100\ [\%],$$

în care : a_j este numărul de produse în funcțiune pentru cel puțin j luni ; q_j — numărul de defectări între prima și a j lună pentru o populație de $a_j + \ldots + a_n$ produse ; n — cea mai mare valoare a lui j pentru investigarea efectuată ; x — luna x pentru care se calculează frecvența defectărilor.

Rezultatele se arată în fig. 37, frecvența defectărilor devenind o dreaptă la scara logaritmică a ordonatelor. Relația precedentă se folosește cu rezultate bune atunci cînd datele disponibile se referă la ore de funcționare, în loc de km parcurși.

La încercările de a realiza analiza statistică a defectărilor motoarelor diesel — determinarea distribuției acestor defectări fiind rezultatul căutat s-au folosit graficele Weibull, deoarece datele despre defectări (respectiv orele de funcționare pînă la defectări care necesită înlocuirea motorului) pot fi asimilate printr-o reparație de tip Weibull. Aceasta are avantajul că este adecvată oricărei tendințe a ratei defectărilor : creștere, descreștere sau constanță.

În fig. 38 se arată un grafic Weibull cu datele colectate pentru un tip de motor naval principal [15]. Se înlesnește identificarea duratei de viață, în ore de funcționare, la care riscul defectării motorului începe să crească în timp, adică atunci cînd defectarea prin exces de uzură începe să apară. Ori, înlocuirea motorului poate intra în discuție doar cînd faza uzurii fizice este iminentă sau chiar a început. În plus se poate stabili probabilitatea cumulativă a defectării pînă la realizarea oricărei durate alese de viață a motorului.

Noi caracteristici ale activităților din domeniul concepției

Valorificarea, la nivelul concepției, a datelor din domeniul întreținerii, în vederea reducerii cheltuielilor directe și indirecte ale acesteia, prin promovarea unor soluții corespunzătoare pentru componente și produse, impune nu numai colaborarea strînsă între con-

Scanned with OKEN Scanner

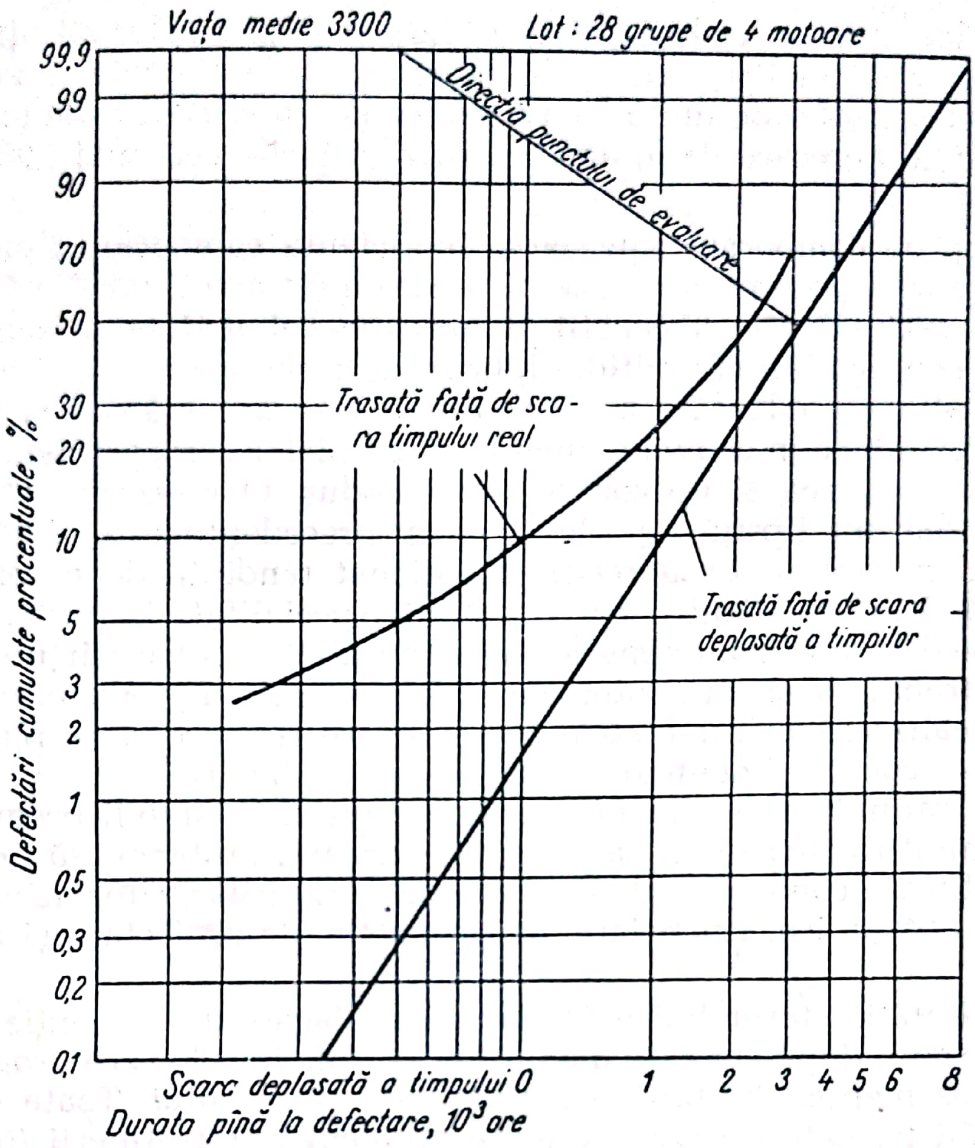


Fig. 38.

cepție și întreținere, ci și mutații hotărîtoare în activitățile de cercetare, dezvoltare, proiectare, încercări — în toate compartimentele concepției.

Baza tehnică a îndeplinirii acestor deziderate o constituie colectarea și prelucrarea tuturor datelor necesare pentru descrierea comportării tehnico-economice a produselor. Această fază se poate efectua de către beneficiar sau constructor, sau de către o unitate specializată. Ultima variantă are avantajele specifice specializării : rapiditatea execuției lucrărilor, timpul disponibil numai pentru aceste activități, imparțialitate, competență întărită și de experiența acumulată etc. Astfel de unități de cercetări terotehnice mai pot organiza și studii de organizare a sistemelor terotehnice, de metodologii de calcule

Scanned with OKEN Scanner

economice, într-un cuvînt pot consolida și lărgi cadrul științific propriu terotehnicii. Prin banca de documentații elaborate și verificate în practică, astfel de unități terotehnice devin și centre de export de inteligență, necesare de multe ori chiar în țările cele mai industrializate.

Lipsa de colaborare sau slaba, ineficienta colaborare dintre concepție și întreținere este din ce în ce mai mult analizată. De fapt, tocmai această situație a constituit aproape cel mai hotărîtor impuls pentru geneza științei multidisciplinare a terotehnicii.

Situația precedentă a rezultat într-o oarecare măsură și din specializarea din ce în ce mai adîncită a multiplelor compartimente angajate în realizarea și utilizarea unui produs. O reprezentare caricaturală, dar nu lipsită de tîlc, a celor precedente este ilustrată de fig. 39, în care se exagerează intenționat tendința de a realiza un automobil în specificul fiecărei secții de specialitate în parte. Firește, în locul dezvoltării maxime a uneia sau alteia dintre părțile componente, trebuie urmărită optimizarea de ansamblu a produsului — ceea ce se realizează printr-o strînsă colaborare și coordonare planificată a tuturor compartimentelor ce realizează produsul.

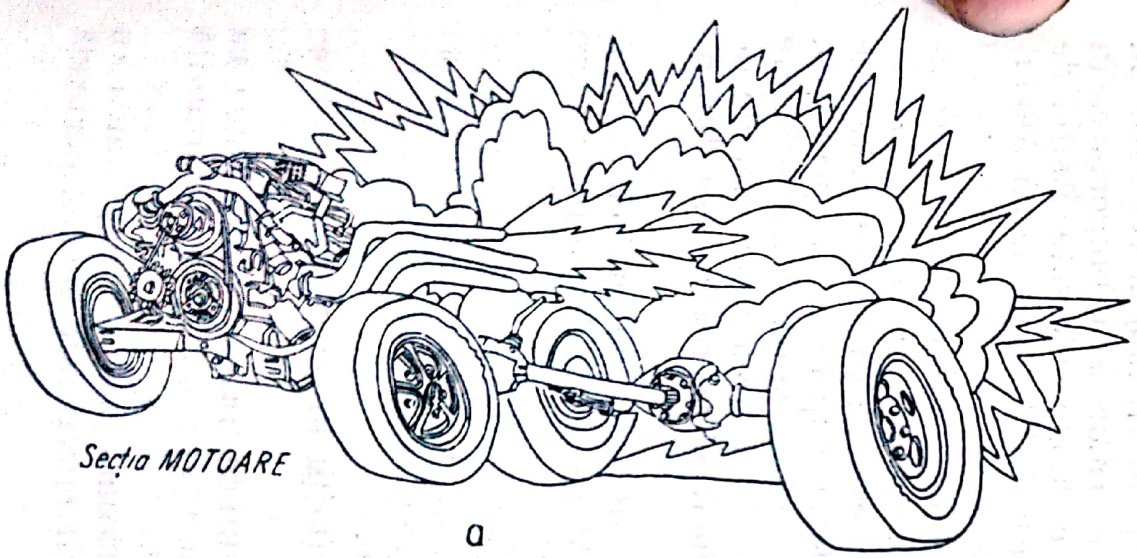
Nu întîmplătoare sînt eforturile recente de a stabili programe de învățămînt ingineresc în care soluțiile oricărei probleme să fie văzute în totalitatea condițiilor de graniță și al limitărilor, cuprinzînd considerații economice, financiare, de producție, de proiectare și de marketing.

Activitățile terotehnice fundamentale legate de concepție în mod organic sînt, după cum s-a mai arătat (v. fig. 4), cele care promovează creșterea mentenabilității și a fiabilității produsului. Toate celelalte activități terotehnice sînt axate pe problemele întreținerii (în sensul larg al acesteia, cuprinzînd și reparațiile). În cele ce urmează se încearcă clarificarea acelor mutații care sînt așteptate în domeniul concepției, astfel încît să corespundă cerințelor terotehnicii.

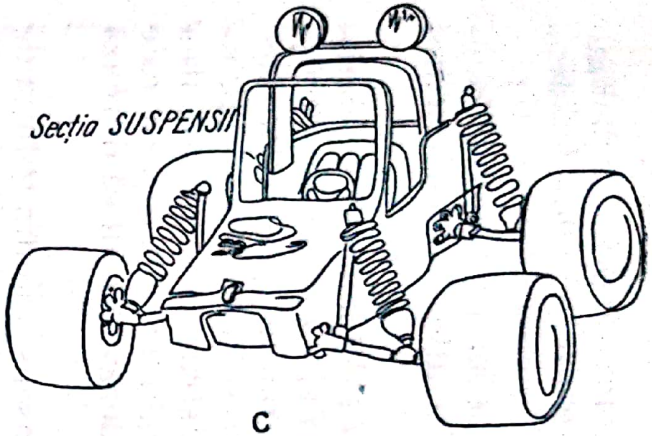
Înainte de toate trebuie precizat cît se poate de concret în ce constau noile caracteristici ale concepției. Pentru aceasta este normal să se înceapă de la cerința de a specifica fiabilitatea și mentenabilitatea produsului ca parametri ai concepției, ceea ce impune ca definirea și specificarea acestora să corespundă activităților concepției și ca legăturile acestora exterioare domeniului concepției să fie bine cunoscute.

Pentru fiabilitate se dispune de definiții mai mult sau mai puțin general acceptate, ca de pildă într-o formulare generală : fiabilitatea unui produs este capacitatea sa de a îndeplini funcțiunile cerute în condiții determinate, pentru o durată de timp precizată. O altă definiție, aplicabilă anumitor cazuri se poate formula în modul următor :

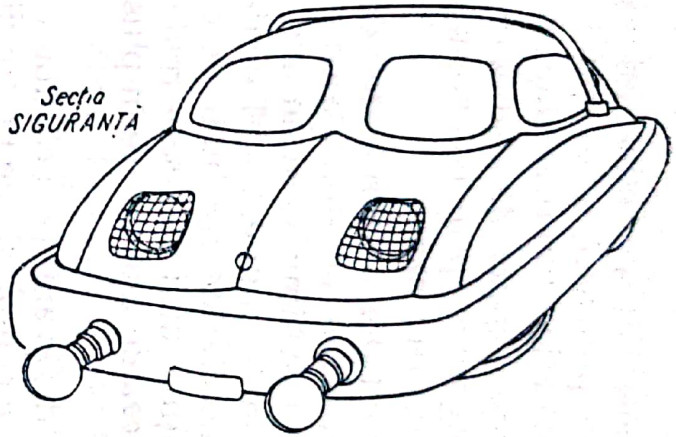
Scanned with OKEN Scanner



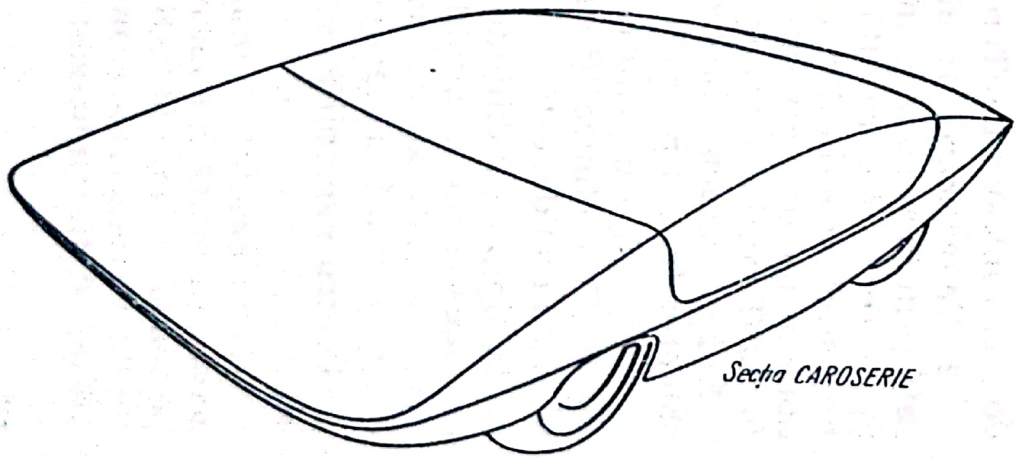
a



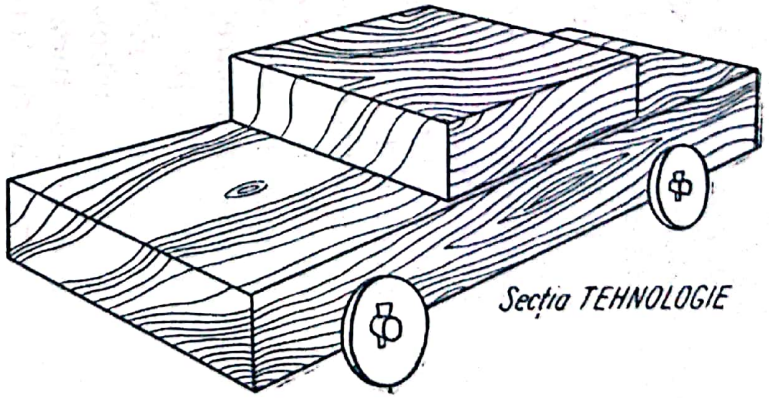
c



d



b



e

Fig. 39.

Scanned with OKEN Scanner

fiabilitatea este caracteristica produsului exprimată prin probabilitatea ca acesta să îndeplinească o funcțiune cerută în condiții determinate, pentru o durată de timp precizată.

În prezent apare necesitatea de a se dezvolta compartimentul concepției și de a se organiza, prin colaborări cu alte compartimente, activități noi ca cele ce urmează :

1. Stabilirea „condițiilor determinate" de funcționare și a „duratei de timp". Specificarea acestor caracteristici pretinde existența datelor de comportare în timp și în anumite condiții pentru produs. După cum s-a arătat mai înainte, astfel de date se pot obține în principal prin încercări accelerate efectuate de constructor sau urmărirea produsului în condițiile utilizării sale reale „în teren". Prima cale este costisitoare, iar cea de-a doua are în plus dezavantajul că durează mult în timp.

În ciuda oricăror dezavantaje, a căpătat consens unanim soluția de a organiza laboratoare complexe, de un tip diferit față de cel obișnuit, care să efectueze încercările accelerate, să urmărească comportarea în condițiile de teren și să prelucreze toate datele colectate. Astfel de unități se numesc Laboratoare Terotehnice (LabTero pe scurt). Modul de lucru într-un LabTero se arată mai departe.

2. Valorificarea rezultatelor experimentale urmează să fie realizată prin încorporarea în produs ale acelor modificări ce s-au dovedit necesare. De aici rezultă că și proiectarea este chemată să-și adapteze mijloacele condițiilor noi. Acest deziderat cuprinde, în principal, două grupe de activități : folosirea informațiilor și datelor, prelucrate la LabTero, la reproiectare ; elaborarea și folosirea unor metode de calcul cu caracter probabilistic, astfel încît să se reevalueze dimensionarea bazată pe coeficienți empirici.

Unitățile care sînt organizate astfel pot purta denumirea de Proiectări Terotehnice (*ProTero* pe scurt). Metodele de lucru în ProTero se arată mai departe.

În timp ce fiabilitatea nu ridică dificultăți principiale ca definire și aplicare, mentenabilitatea nu se bucură încă de o definire unanim acceptată și, ca urmare, specificarea sa ca parametru al concepției ridică întrebări ce par justificate.

Pentru exemplificare se dau trei definiții în uz pentru mentenabilitate :

(1) Proprietatea unui produs exprimată prin probabilitatea ca acesta să poată fi supravegheat, întreținut și reparat într-o anumită perioadă de timp (STAS 8174-73).

(2) Caracteristica unui produs exprimată prin probabilitatea ca acesta să fie ținut sau adus la condiții specificate într-o perioadă

Scanned with OKEN Scanner

dată de timp, atunci cînd întreținerea sa este realizată cu procedeele și materialele prescrise.

(3) Perioada medie de timp necesară aducerii unui produs în stare corectă de funcționare de către personal calificat cu uneltele și utilajele necesare.

Toate definițiile precedente corespund reprezentării despre noțiunea de mentenabilitate, dar din păcate nu corespund cerințelor formulării unei specificații. Într-adevăr, restabilirea calităților produsului prin reparație — aducerea sa la condiții specificate, în stare corectă de funcționare — pretinde specificarea acelor calități condiții, stări. Ori, pentru o mare serie de produse uzuale tocmai aceste condiții nu se pretează la o precizare cît de cît exactă. De pildă, dacă produsul în cauză este un autoturism, este greu, dacă nu chiar imposibil, de acceptat ca starea sa după reparații să fie „ca nouă" indiferent de durata sa de viață, de tipul său etc. Mai realistică ar fi formularea „stare satisfăcătoare pentru utilizator", dar firește nu poate fi vorba de o specificație riguroasă, ci de fapt de o apreciere subiectivă.

Dacă se face uz de definirea mentenabilității ca durata medie a reparației, devine necesară evident măsurarea acesteia. Pentru aceasta trebuie determinate duratele tuturor tipurilor de reparații posibile, în condiții ideale, după care se poate calcula valoarea medie a acestor durate, ponderată prin probabilitatea ca fiecare tip de reparație să se producă. Sînt deci necesare date asupra fiabilității, deoarece acestea informează despre defectări.

S-a ajuns prin urmare la o relație mentenabilitate-fiabilitate, a cărei existență lămurește faptul fundamental că și mentenabilitatea este un factor al proiectării : costurile reparațiilor unor produse similare sau ale celor din generația precedentă, precum și informațiile despre defectările acestora trebuie luate în considerare la proiectarea îmbunătățirilor produselor cu privire la asamblare, demontare și înlocuirea componentelor.

Atenția pe care concepția trebuie să o acorde problemelor menționate este motivată pînă la urmă de necesitatea de a produce marfă vandabilă, cerută pe piață în virtutea calităților pretinse de către utilizatori. O anchetă recentă [20] pe piața de autocamioane grele cu privire la cererile cumpărătorilor a dus la rezultatele arătate în tabelul 7, ierarhizate în ordinea descrescătoare a importanței calităților pretinse. Se observă că fiabilitatea, durata de viață și cheltuielile de întreținere sînt cerințe prioritare ale pieții.

Fără îndoială, acordarea unor noi proprietăți, ca fiabilitate, mentenabilitate — de mult recunoscute dar de abia în prezent privite drept specificații ca orice altă performanță a produsului — pretinde

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 7

	Autocamion	Motor
1	Capacitatea utilă de transport	FIABILITATE
2	FIABILITATE	Turație medie
3	DURATĂ DE VIAȚĂ	Economie de combustibil
4	Viteză medie	DURATĂ DE VIAȚĂ
5	COST ÎNTREȚINERE	Dispunere de Service și piese de schimb
6	Economie de combustibil	Putere
7	Dispunere de Service și piese de schimb	COST ÎNTREȚINERE
8	Confort	Confort
9	Preț de vînzare	Preț de vînzare
10	Prestigiu	
11	Estetică	

cheltuieli, uneori foarte mari. Înainte de a judeca pînă unde este rațional și, mai ales, rentabil să se meargă pe această cale, este util să se examineze mai îndeaproape activitățile principale specifice ale unităților de cercetare-încercări (LabTero) și de proiectări (ProTero) din sistemele terotehnice. Firește, aceste activități depind în structura lor de natura produsului, astfel încît nu există o schemă unică de LabTero sau ProTero. În cele ce urmează, se va apela la produsul „automobil", nu numai din cauză că acesta îi este mai apropiat experienței autorului, ci mai ales datorită faptului că, în ramura ingineriei mecanice, tocmai în acest domeniu se dezvoltă mai rapid activitățile terotehnice. De asemenea, efectele economice sînt în domeniul automobilului foarte însemnate.

Laborator TEROTEHNIC — LabTero

În general, un LabTero pentru problemele automobilului va organiza activități de următoarele tipuri : încercări accelerate ale produsului, părților și componentelor, în condiții de laborator cu simularea celor din serviciul real, pentru a obține datele ce descriu comportarea acestora ; testările produselor în vederea stabilirii cauzelor unor defecțiuni (diagnostic) ; elaborarea documentelor pentru colectarea datelor din teren, urmărirea și prelucrarea acestora ; expertizarea tuturor defecțiunilor sau malfuncționărilor reclamate de utilizatori ; efectuarea încercărilor și elaborarea avizelor pentru probele de garanție, de recepție, de tip nou etc. ; testarea procedeelor tehnologice noi aplicabile în domeniul întreținerii-reparațiilor și implementarea celor socotite avantajoase în practică ; examinarea prin

Scanned with OKEN Scanner

încercări a produselor similare de pe piaţă ; reciclarea personalului de specialitate în metodele şi procedeele noi aplicate ; elaborarea metodelor de încercări şi a instrumentaţiei ; realizarea, organizarea şi administrarea băncii de date ; acordarea de asistenţă terotehnică ; orice alte activităţi similare şi auxiliare.

Simpla enumerare a acestor activităţi face destul de clar conţinutul sarcinilor unui LabTero.

În cazul unui automobil, încercările experimentale de laborator se execută pe standuri de simulare pentru componente, subansambluri, instalaţii grupate în secţii corespunzătoare părţilor principale, de pildă : motor ; transmisie ; direcţie ; şasiu-caroserie ; suspensie ; frînare ; instalaţie electrică ; alte părţi principale.

În fiecare din aceste grupe se precizează TOATE componentele şi subansamblurile.

Pentru toate încercările se stabileşte natura acestora în scopul accelerării obţinerii rezultatelor, prin selectarea regimurilor de lucru severe, dar realistice, şi elaborarea secvenţei acestora în cicluri de acţionări, în programe de încercări cuprinzînd toate specificaţiile necesare aplicării lor.

Pentru ca programele de încercări să fie cu adevărat eficiente trebuie ca dozarea încărcărilor — mecanice, termice, statice, dinamice etc. — să corespundă în efectele sale cu acelea care se pot produce în durata de viaţă.

Cu toate acestea, este de mare interes şi organizarea separată a unor încercări cu caracter de „distrugere" — ca încărcări mult mai mari şi mai rapid variabile decît în serviciul real — în scopul de a obţine informaţii despre rezervele potenţiale ale obiectelor astfel încercate, ca şi despre eventualele cazuri de supra- sau subdimensionare a acestora pentru serviciul real.

În orice caz, ponderea principală a programelor de încercări trebuie să fie acordată scopului de a descoperi defecţiunile posibile, fiabilitatea obiectelor încercate, durata lor de viaţă cu mult înaintea obţinerii datelor din teren.

*

* *

Un exemplu elaborat pentru determinarea duratei de viaţă a comutatoarelor încorporate în tabloul de bord al automobilelor este descris în continuare. Rezultatele încercărilor analizate sînt date în tabelul 8. Lotul încercat cuprinde 10 comutatoare încercate simultan. Cerinţele asupra duratei de viaţă (tema) sînt : 10 000 acţionări pentru demonstrarea unei fiabilităţi de 90%, cu 90% confidenţă*. În fig. 40 s-au transcris, pe o diagramă Weibull,

* Se numeşte interval de confidenţă, intervalul care acoperă valoarea reală necunoscută a unei mărimi căutate cu o probabilitate dată.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 8

Numărul de defectări j	Nr. de acționări	Valori invariabile pentru $N = 10$		
		Rangul mediu al defectărilor* %	Limite de confidență	
			5%	95%
1	29 000	9,1	0,5	25,9
2	32 000	18,2	3,7	39,4
3	40 000	27,3	8,7	50,7
4	49 000	36,4	15,0	60,8
5	58 000	45,5	22,2	69,6
6	63 000	54,6	30,1	77,8
7	68 000	63,7	39,3	85,0
8	68 000	72,8	49,3	91,3
9	77 000	81,9	60,6	96,3
10	78 000	91,0	74,1	99,5

* Rangul mediu al defectării este acea valoare a numărului de defectări a cărei probabilitate de a fi corectă este dinainte precizată. De ex., luînd două ranguri, 5% și 95%, acestea împreună permit a se considera valoarea numărului de defectări într-o zonă de confidență de 90% (95% — 5%)

coloanele 2 și 3 din tabelul 8, și coloanele 4 și 5. Se constată că tema (T în diagramă, la 10 000 de acționări cu fiabilitate de 90%) este îndeplinită. Totuși trebuie remarcat că, în cazul temei date, din 10 obiecte încercate unul poate să se defecteze (10% este procentul defectărilor), ceea ce este complet nesatisfăcător ,deoarece un beneficiar din zece poate fi „ghinionist" în alegerea automobilului cu tabloul de bord ce se defectează după 10 000 de acționări. În plus, se observă că „bătaia" în zona de confidență 90% (=95%—5%) este de 10 000—27 000—40 000 acționări, ceea ce atrage atenția asupra faptului că numai precizarea duratelor medii de viață este complet neconcludentă, fără menționarea bătăii datelor în zona de confidență propusă. Toate acestea obligă la creșterea nivelului fiabilității mai ales pentru componentele vitale ale automobilului. Practic, elaborarea unor comutatoare de bord mai durabile ar duce la deplasarea liniei Weibull (v. fig. 40) spre dreapta. Panta acesteia arată cauza defectării, după cum urmează : panta 0,5 — scurtcircuite ; panta 1,0 — caracteristică defectărilor echipamentului electronic ; panta 2,0 sau mai mare (în fig. 40 panta este 2,6) — uzare accelerată sau oboseală.

O altă observație asupra exemplului arătat constă în posibilitatea de a scurta durata încercărilor prin elaborarea unui program accelerat pe baza cunoașterii mecanismului defectărilor, influențelor temperaturii, intensității curentului, solicitărilor mecanice etc. În cazul prezentat, un astfel de program a permis reducerea duratei încercărilor la mai puțin de jumătatea timpului cerut de acționările normale.

*

* *

În ceea ce privește încercarea automobilului întreg, trebuie remarcată aceeași cerință de a-l supune unor probe chiar mai severe, dar cu o durată mai redusă de timp. În general, programul de în-

Scanned with OKEN Scanner

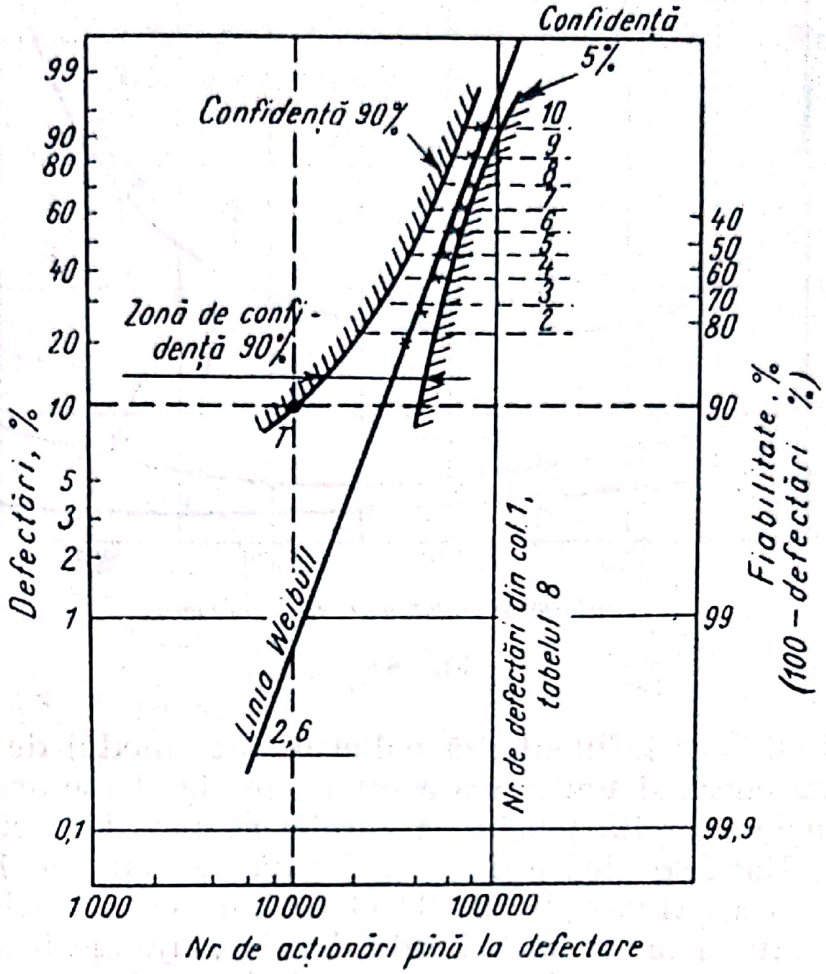


Fig. 40.

cercări accelerate se desfășoară pe un teren de probe — autodrom de încercări — special amenajat pentru încercări la : viteză maximă, rampe mari, viraje, drumuri cu denivelări, etanșare la apă, etanșare la praf, ciocniri, derapare etc. În același program sînt cuprinse încercările la : temperatură foarte mare și foarte scăzută, rezistență la ruginire (sare), emisiunile poluante, poluare sonoră, vibrații etc.

* * *

Exemplul practic care urmează ilustrează activitățile specifice unui LabTero în cazurile cînd proiectarea în sine nu ridică nici o problemă, dar cerințele depind hotărîtor de amplasament, de întreținere, de durată de viață. Problema constă în determinarea specificației pentru palierele alternatorului antrenat prin curea de la fulia arborelui cotit [30]. Alegerea mărimii corecte a palierului este hotărîtoare pentru comportarea acesteia, pentru durata sa de viață. Fac-

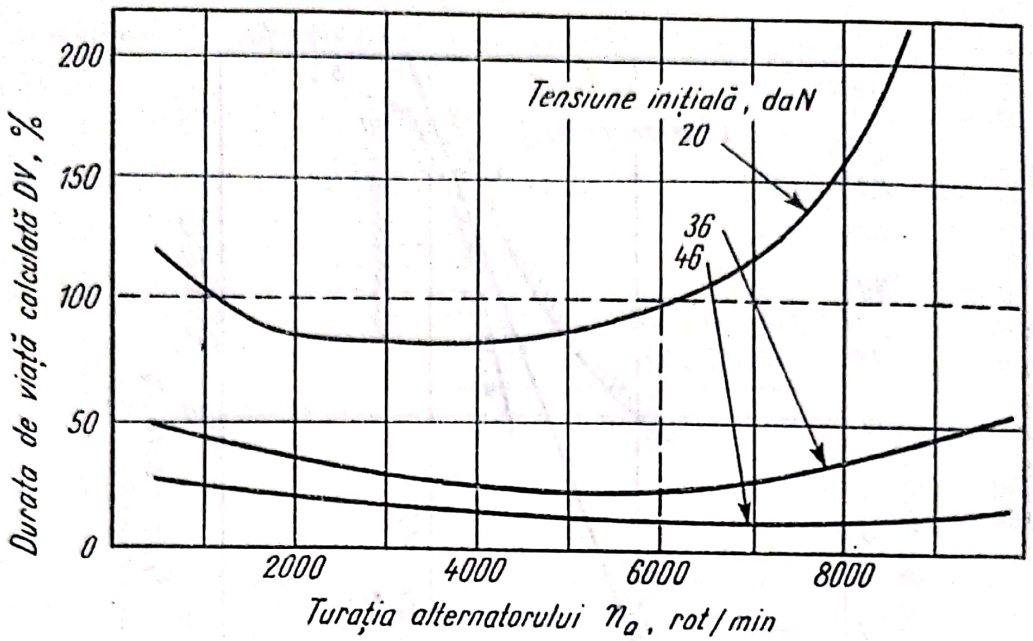


Fig. 41.

torii principali care influențează palierul sînt : modul de realizare a antrenării cu curea și tensiunea acesteia. În fig. 41 se arată influențele pe care le exercită tensiunea curelei asupra duratei de viață a unui palier. Dacă se pleacă de la o durată de viață de 100% realizată la turația alternatorului de 6 000 rot/min cu o tensiune inițială de 29 daN, atunci la 36 daN durata de viață ajunge la 25%, iar la 46 daN durata devine 12,5%. Cu toate că, la creșterea turației alternatorului, durata de viață a palierului, exprimată în ore de funcționare, scade la o încărcare dată, creșterea forței centrifuge odată cu turația micșorează încărcarea palierului și, în total, mărește durata sa de viață. În fig. 42 se arată influența modului de realizare a transmisiei asupra duratei de viață a palierului, cu următoarele precizări :

— varianta I este transmisia ideală, în care cureaua antrenează numai alternatorul *A*, încărcarea laterală asupra palierului fiind de 29 daN la 60% din turația maximă a alternatorului (0,6 n_{amax}), după cum se observă din compunerea forțelor aplicate ; în această variantă durata de viață a palierului a fost notată convențional cu *DV* [ore] ; la turația de ralanti n_{ral} , rezultanta devine 39 daN, iar durata de viață 1,35 *DV*, ore ;

— variantele II și III cuprind antrenarea și a ventilatorului *V* și pompei de apă *P*, deosebindu-se doar prin poziționarea alternatorului (pe partea neîntinsă — II, sau întinsă — III a curelei) ; firește, în aceste variante energia transmisă de curea crește corespunzător consumului ventilatorului și pompei de apă, ceea ce face să se majoreze încărcările palierului.

Scanned with OKEN Scanner

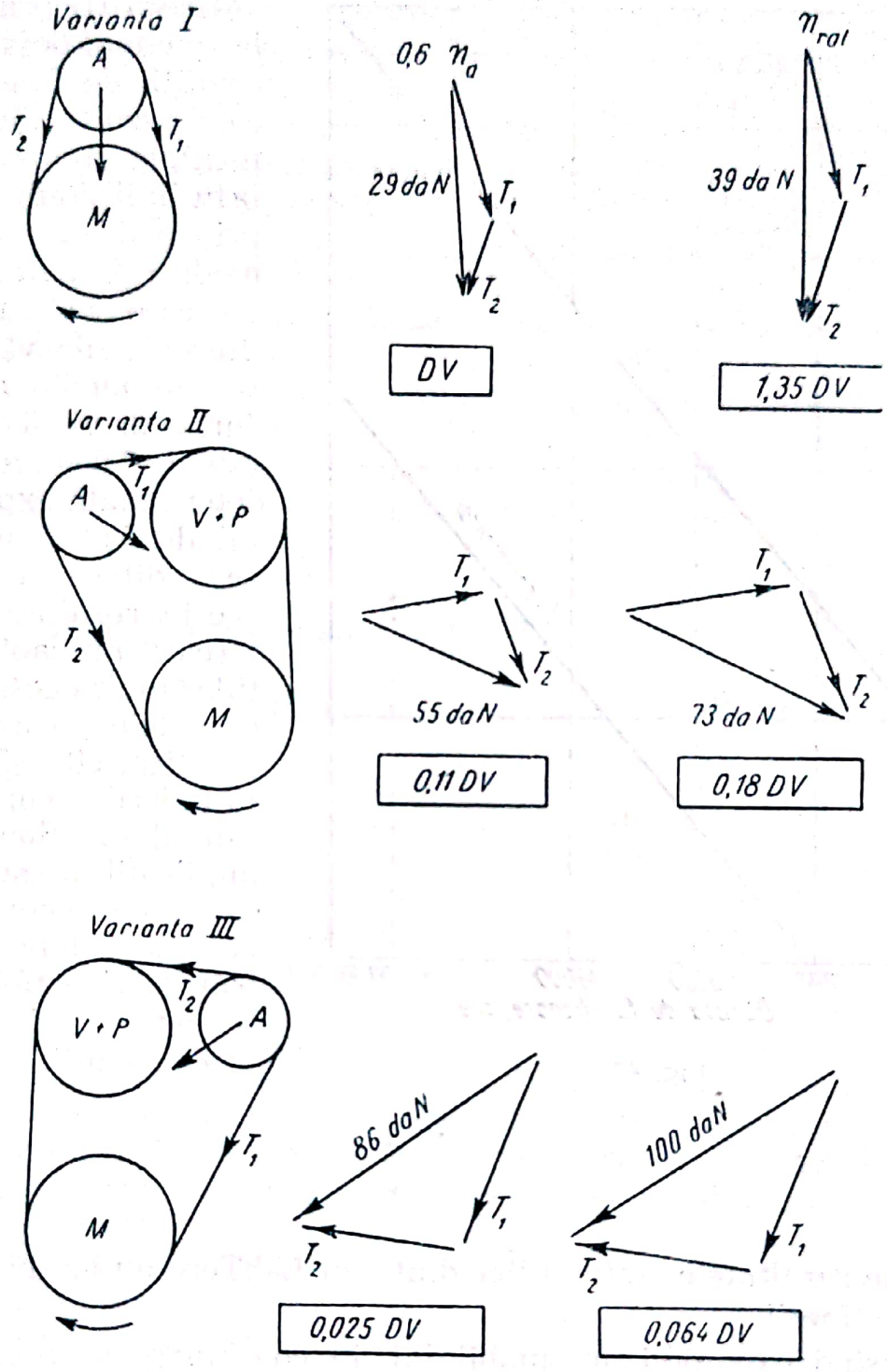


Fig. 42.

Se observă că în cazul adoptării variantei III, palierul are o durată de viață de 40 ori mai mică decît în cazul variantei I, ceea ce implică luarea de măsuri constructive corespunzătoare. În fig. 43 se arată, într-o diagramă de tip Weibull, rezultatele obținute pentru

Scanned with OKEN Scanner

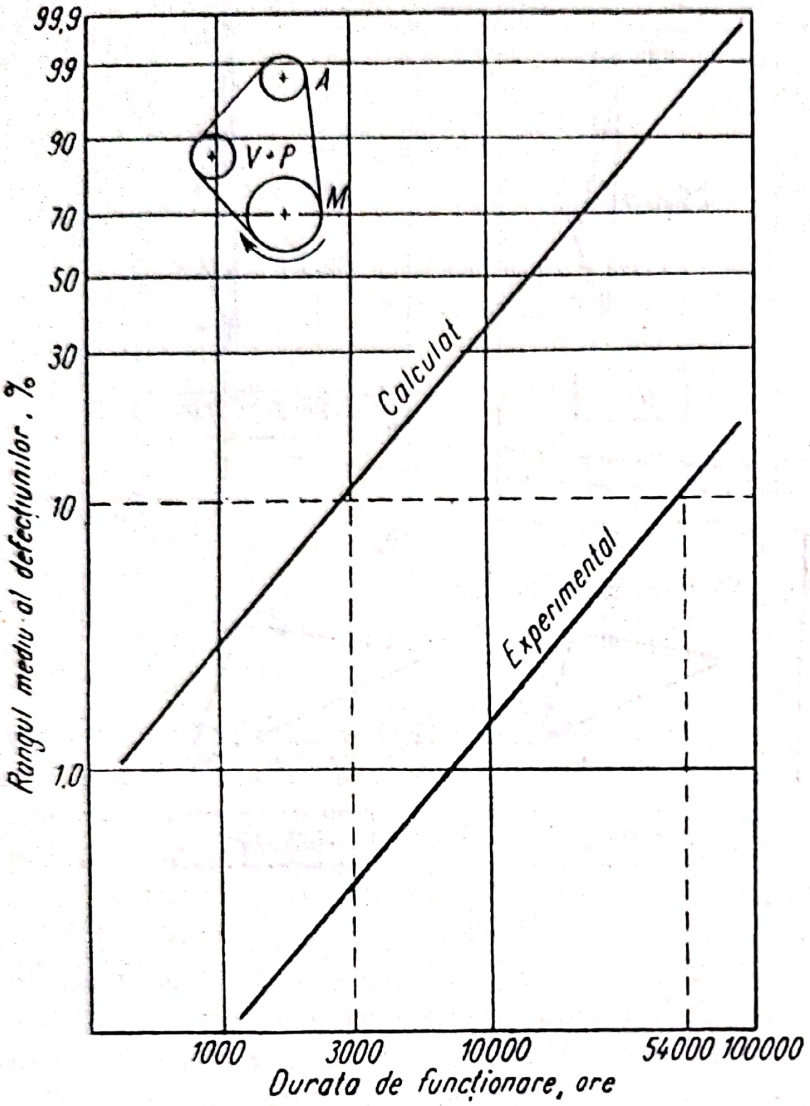


Fig. 43.

varianta III prin calcul, la cele mai defavorabile condiţii de funcţionare, ca şi rezultatele experimentale (ambele redate prin linii Weibull, adică prin valorile rangului mediu al defecţiunilor cu care se calculează duratele de viaţă). La rangul mediu de 10%, durata de viaţă calculată este de 3 000 ore, iar cea determinată experimental de 54 000 ore. Marea diferenţă dintre aceste rezultate se datorează probabil condiţiilor mult deosebite ale diferitelor cazuri din practică, cît şi slăbirii întinderii curelei în timpul funcţionării. Ca implicaţii, aceste încercări au promovat decizia supradimensionării palierului, astfel încît să se evite defectări, în orice condiţii.

*

* *

Toate rezultatele activităţilor dintr-un LabTero au implicaţii asupra întreţinerii.

Părăsind exemplul automobilului, în continuare se prezintă un exemplu de activitate LabTero închinată exclusiv evaluării întreţinerii produsului înaintea punerii sale în funcţiune la beneficiar. Este vorba mai exact de a aprecia calitatea de întreţinere încorporată într-un motor diesel marin, principal. Aceasta se realizează printr-un „exerciţiu" de mentenabilitate care să demonstreze : dacă există acces satisfăcător la motor pentru întreţinere, dacă operaţiile de în-

Scanned with OKEN Scanner

treţinere sînt complet şi corect descrise, dacă sculele, echipamentele etc. pentru întreţinere sînt disponibile etc.

Rezultatele exerciţiilor de acest gen s-au dovedit extrem de valoroase. Într-adevăr acestea au înlesnit : determinarea „spaţiului întreţinerii", adică a spaţiului necesar pentru întreţinere în jurul motorului instalat ; verificarea şi îmbunătăţirea prescripţiilor de întreţinere ; stabilirea celor mai bune metode de întreţinere şi a instrucţiunilor amănunţite pentru fiecare operaţie de întreţinere ; întocmirea listelor detaliate de scule, piese de schimb şi materiale, necesare fiecărei operaţii de întreţinere ; stabilirea nivelului de calificare cerut de fiecare operaţie ; determinarea duratei de timp necesare îndeplinirii fiecărei operaţii ; stabilirea unor sugestii, chiar minore ca anvergură dar importante ca implicaţii, în vederea îmbunătăţirii întreţinerii prin modificări structurale, de concepţie, a motorului.

Proiectări Terotehnice — ProTero

În general, unitatea de proiectări terotehnice (din domeniul automobilului, pentru a rămîne în cadrul exemplificării precedente) are în sarcină activităţi de tipul celor următoare : redimensionarea elementelor produsului pentru obţinerea calităţilor specificate, în primul rînd ca urmare a analizei defecţiunilor ; studiul datelor din teren şi căutarea de soluţii constructive noi pentru componente şi produse, care să micşoreze cheltuielile de întreţinere ; verificarea proiectelor din punctul de vedere al accesibilităţii la componente, al cerinţelor ergonomice şi al esteticii ; elaborarea de metode de calcul pe baze probabilistice, astfel încît să se poată lua în considerare fiabilitatea construcţiei încă de la nivelul proiectării ; examinarea proiectelor cu metode specifice în vederea reducerii costurilor, cu menţinerea calităţii şi performanţelor ; constituirea unei bănci de metode de calcule pentru proiectare ; orice alte sarcini similare.

Se ştie că utilizatorii automobilelor au în permanenţă preocupări în legătură cu efectuarea de lucrări de întreţinere şi că această situaţie a devenit oarecum supărătoare. Se pune întrebarea : de ce nu este posibil practic să se reducă aceste operaţii la automobil, în timp ce produse ca frigiderele, maşinile de gătit cu gaze sau electrice, ceasurile, chiar şi televizoarele precum multe altele funcţionează ani de zile fără să necesite practic nici o atenţie ?

Singura soluţie raţională este aceea de a reduce, de la nivelul proiectării, necesitatea de întreţinere.

Unele realizări s-au înregistrat şi sînt cu adevărat excepţionale, ca de pildă : lubrifianţi de motor cu durată cel puţin dublă decît în

Scanned with OKEN Scanner

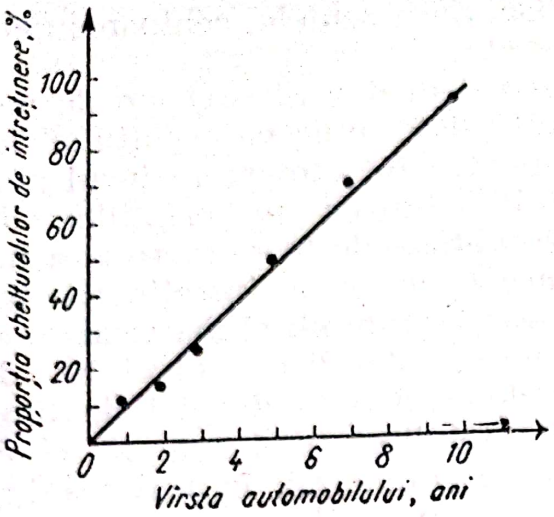


Fig. 44.

trecut ; diferențiale fără necesitatea schimbării lubrifiantului ; cutii de viteze care necesită foarte rar schimbarea lubrifiantului sau completări ; bucșe impregnate cu grăsimi ; elemente din material plastic autolubrifiante.

Cu toate acestea, au rămas extrem de multe îmbunătățiri care se lasă așteptate.

Costul întreținerii a devenit mult prea mare pentru a nu se ține seama de el. În fig. 44 se arată creșterea proporției cheltuielilor de întreținere, din cele totale, odată cu vîrsta automobilului, din care rezultă nerentabilitatea utilizării multă vreme, deoarece devine mai ieftin să se cumpere un automobil nou, decît să se cheltuiască pentru întreținerea unuia vechi.

Modificările corespunzătoare ale concepției mai au avantajul de a transforma reviziile tehnice anuale în operații de control al siguranței și de PREMENT, mai degrabă decît costisitoare operații de CORMENT.

Datele de feed-back au arătat foarte limpede „punctele slabe" pe care proiectarea este chemată să le elimine, ca de pildă :

— etanșările slabe la umiditate, care provoacă ruginirea caroseriei ;

— modul de montare și poziționare a bobinei de inducție, precum și traseul cablurilor de înaltă tensiune trebuie rezolvate ținînd seama de condițiile dinamice în care acestea lucrează, vibrațiile mecanice producîndu-le defectări la 20 000 km sau chiar mai puțin ;

— etanșarea slabă a pompei de lichid de răcire și mai ales a lagărelor sale provoacă ieșirea acestora din funcțiune, uneori după o perioadă de doi ani ;

— durata cablurilor de comandă a frînei de mînă (de staționare) și a ambreiajului este sub 25 000 km în cazurile în care se circulă iarna pe șosele cu sare, din cauza coroziunii accelerate ;

— accesibilitatea, uneori complet neglijată, în compartimentul motorului face de multe ori extrem de dificilă schimbarea filtrului de ulei, scoaterea pompei de benzină etc. ;

— reglarea farurilor este una dintre cele mai supărătoare probleme, nu numai fiindcă constituie o operație dificilă și cu rezultate în timp foarte incerte, ci și prin implicațiile sale asupra siguranței

Scanned with OKEN Scanner

circulației ; se cunosc cîteva dispozitive foarte simple pentru efectuarea reglării în înălțime care ar trebui generalizate ;

— curățirea carburatorului ar putea fi practic eliminată ca operație de întreținere dacă s-ar folosi aditivi potriviți pentru ținerea în stare curată a jicloarelor.

Multe alte exemple se pot oferi atenției proiectării pentru îmbunătățiri substanțiale, chiar dacă fiecare caz în sine pare minor.

Oricum, „Economii prin Proiectare" reprezintă o sursă foarte mare de reducere a cheltuielilor de întreținere.

O observație suplimentară : experiența acumulată în decursul anilor a arătat că, ori de cîte ori este posibil, este preferabil să nu se demonteze nimic, deoarece după montarea la loc apar neplăceri. Trebuie recunoscut că această experiență a rămas încă destul de valabilă pentru automobil. Există și cazuri în care este recomandabil să se lase diferitele asamblări neatinse pentru alte motive decît cele precedente, dar cu aceleași efecte neplăcute cum de pildă este cazul cu schimbarea periodică a roților în scopul pretinsei uniformizări a uzării anvelopelor. Ori, această metodă nu numai că nu prelungește viața anvelopelor, dar introduce complicații mari prin schimbarea echilibrării roților pe noile locuri de prindere. O nouă echilibrare devine necesară, dar aceasta este costisitoare — în ipoteza că se găsește echipamentul de echilibrare necesar.

Exemple de cît de mult poate costa lipsa de accesibilitate pentru întreținere sînt arătate în continuare [25]. Astfel în fig. 45 se arată că pentru schimbarea alternatorului trebuie demontată masca, paletele ventilatorului și radiatorul, operații care durează 6 ore, în timp ce schimbarea alternatorului are o durată de numai 30 de min. Ca urmare, cheltuielile aferente sînt, dacă se notează cu 1 cheltuielile materiale, de 56 de unități, din care 24 reprezintă pierderile de întrerupere a funcționării.

În mod similar, costul înlocuirii unei curele de ventilator, care este notat convențional cu 1 și se efectuează în 10 min, crește la 20 pentru că accesul durează $2^1/_2$ ore și cu încă 17 unități din cauza întreruperii funcționării.

Deci, pentru cazurile arătate, cheltuielile de materiale reprezintă 3% din totalul cheltuielilor de întreținere.

În fig. 46 se arată că pentru înlocuirea unui disc de ambreiaj uzat — operație frecventă pentru autovehiculele de tracțiune grea rutieră — sînt necesare 12 ore pentru degajarea carcasei ambreiajului. Cele două rezervoare laterale de combustibil fiind legate de o conductă comună transversală, care trebuie scoasă pentru a putea coborî ambreiajul, este necesară și golirea rezervoarelor (deoarece acestea nu sînt prevăzute cu robinete de izolare), după care se poate

Scanned with OKEN Scanner

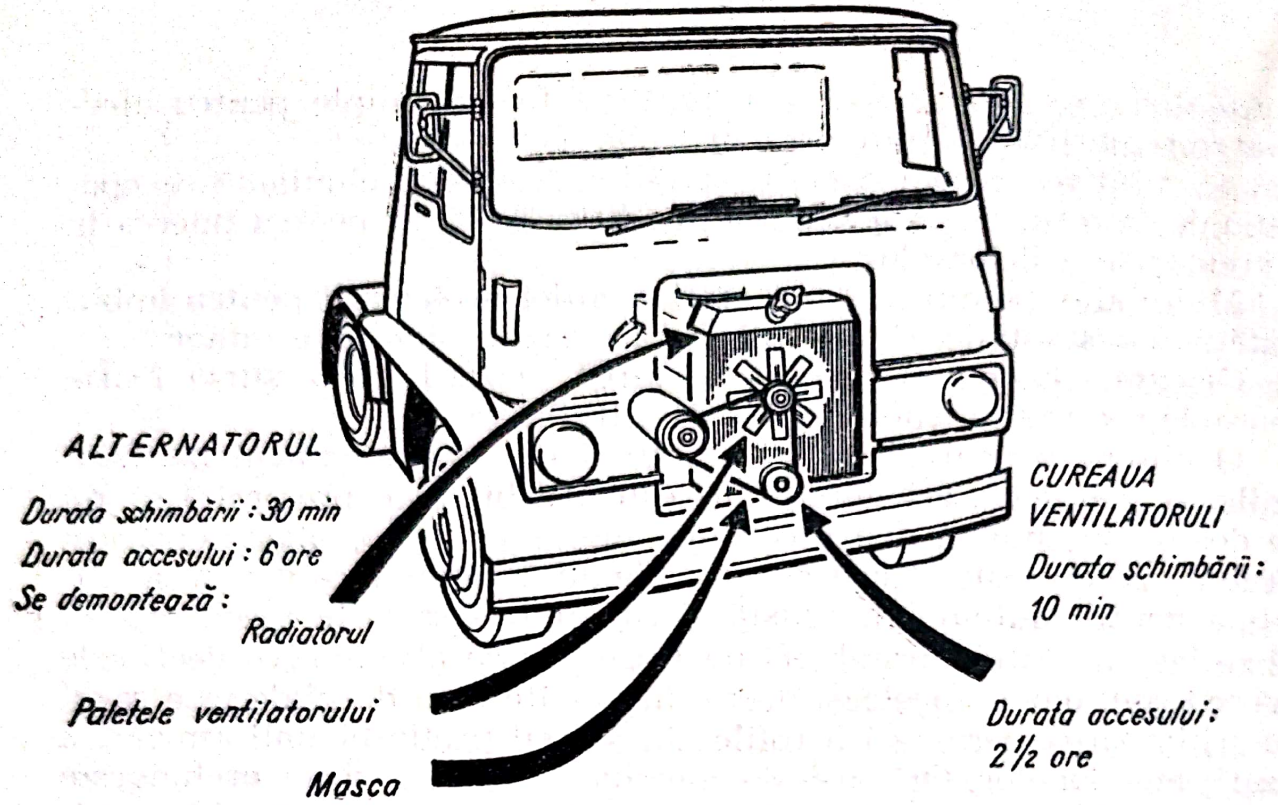


Fig. 45.

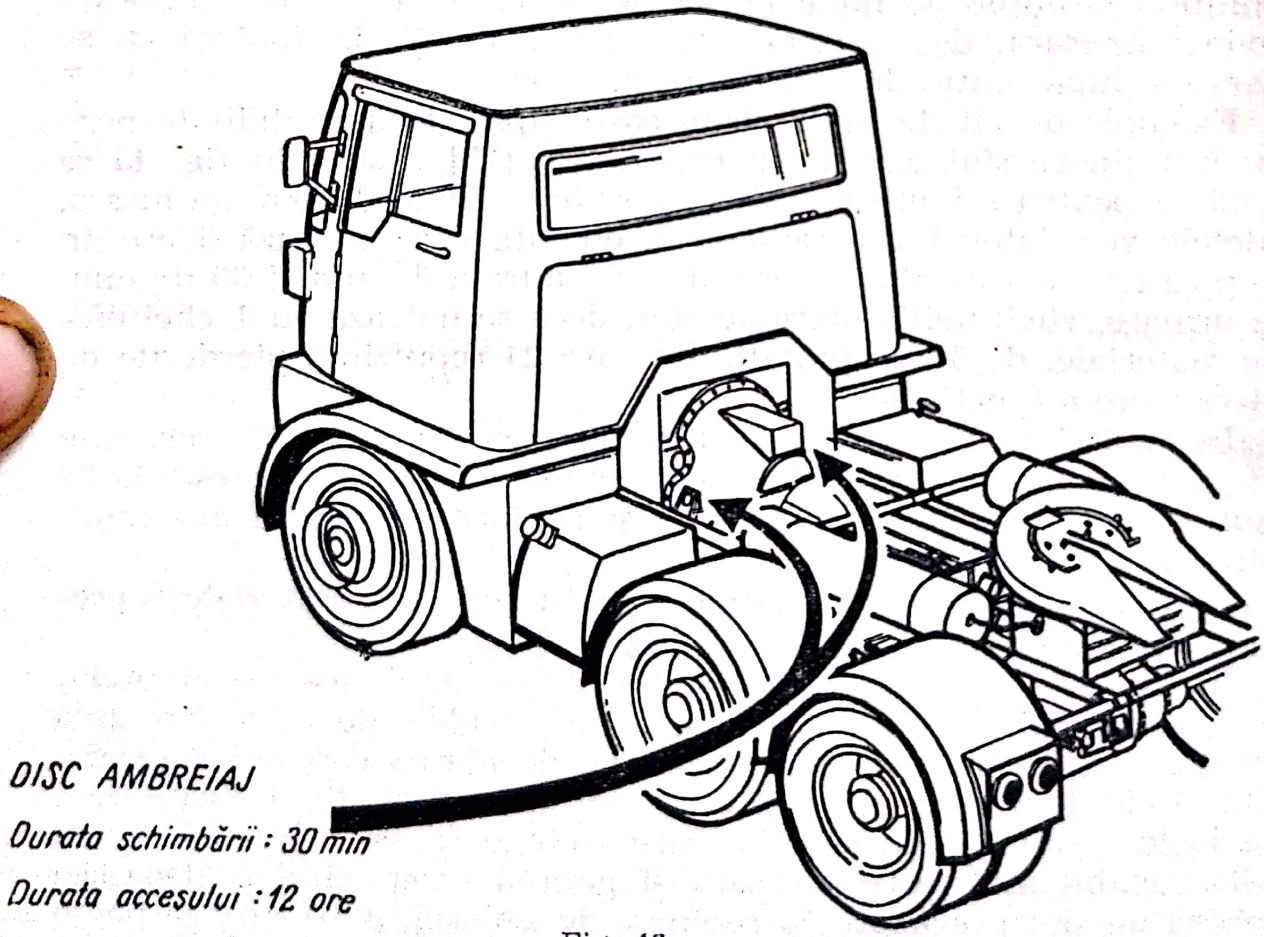


Fig. 46.

Scanned with OKEN Scanner

demonta conducta. În timp ce schimbarea discului ambreiajului durează numai 30 min și costă convențional 100 de unități, cheltuielile pentru cele 12 ore de degajare a ambreiajului costă 120, iar pierderile prin întrerupere se ridică la aproape 100 de unități.

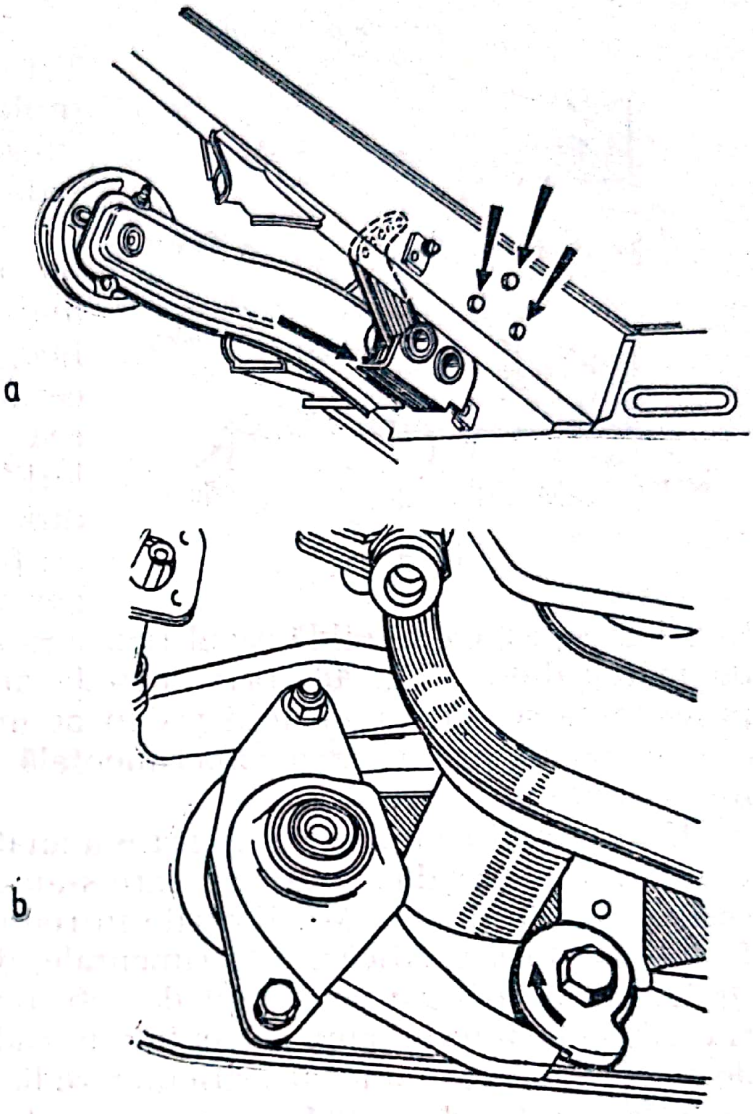


Fig. 47.

Aceste cheltuieli de întreținere atît de mari, din cauza unei neatente proiectări a accesibilității, nu mai au nevoie de nici un fel de comentariu asupra atenției, pe care concepția trebuie să o acorde accesibilității pentru efectuarea operațiilor de întreținere. Se înțelege că slaba mentenabilitate a cazurilor arătate poate fi remediată numai prin activitățile specifice unităților ProTero. Proiectarea preventivă inițială este oricînd avantajoasă față de reproiectarea corectivă. Pentru realizarea acestui deziderat, executarea „exercițiilor de întreținere" arătate mai înainte reprezintă soluția eficientă.

Un alt exemplu ilustrează contribuția activităților ProTero cu privire la reducerea duratei operațiilor de reglare, mai ales după reparare : reglarea înălțimii șasiului față de sol la sistemele de suspensie cu bare de torsiune ale unor automobile Renault. Astfel, în concepția inițială, reglarea se execută prin încercări succesive la introducerea unui bulon de fixare în orificiile din șasiu (fig. 47, *a*), ceea ce consuma un timp considerabil. Într-o variantă perfecționată, operația de reglare se execută mult mai rapid, utilizînd o reglare progresivă cu camă (fig. 47, *b*) [8].

Scanned with OKEN Scanner

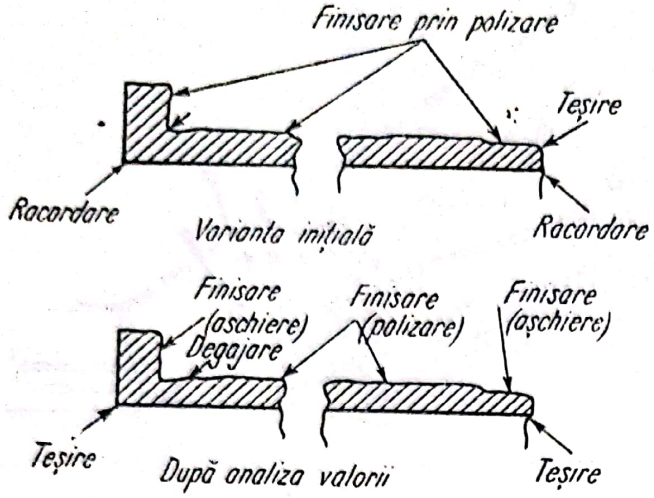


Fig. 48.

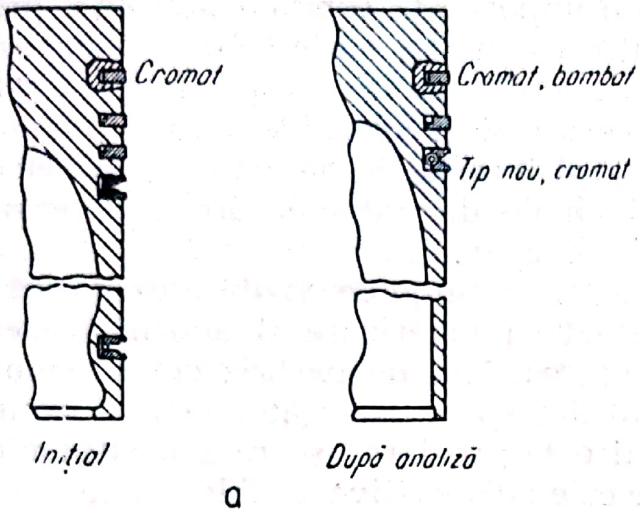
Activităţile unităţii Pro-Tero cu privire la examinarea proiectelor de componente, subansambluri etc. în scopul reducerii costurilor, cu menţinerea calităţii şi performanţei, reprezintă una dintre cele mai importante sarcini specifice. Pentru îndeplinirea acestei cerinţe, se recomandă utilizarea metodei de analiză a valorii*. În general, aplicarea modificărilor proiectului pretinde confirmare prin încercări experimentale de LabTero. Există totuşi excepţii, ca de pildă cazul reproiectării unei cămăşi de cilindru de motor diesel (fig. 48) prin metoda analizei valorii [26]. La reproiectarea segmentaţiei unui piston de motor diesel (fig. 49, *a*) însă este necesară examinarea experimentală a soluţiei, înaintea introducerii sale în producţie.

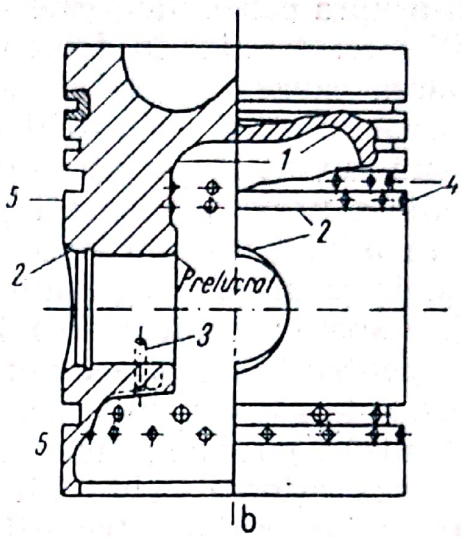
Un caz mai complex de aplicare a analizei valorii îl prezintă pistonul unui motor diesel, pentru care s-au dezvoltat trei variante succesive (fig. 49, *b*—*d*). Modificările introduse de a doua variantă pot fi aplicate fără verificări experimentale, dar a treia variantă le pretinde, măcar pentru consumul de lubrifiant şi scăpări. Îmbunătăţirile aduse pistonului sînt prezentate în cadrul fig. 49. Este important de a se reţine că numărul orificiilor radiale pentru trecerea uleiului raclat s-a redus de la 48 în prima variantă la 20 în a doua variantă şi la numai 2 (una de fiecare parte) la a treia variantă. Ori, această realizare care antrenează fireşte reduceri ale preţului de cost, a fost posibilă datorită informaţiilor de pe teren despre faptul că folosirea lubrifianţilor aditivaţi cu detergenţi elimină obturarea orificiilor prin depozite carbonoase.

Folosind metode adecvate pe baza datelor de feed-back, a devenit deci posibilă reproiectarea unor componente de bază, în scopul reducerii chiar a preţului de cost de fabricaţie a componentelor, împreună cu înlesnirea aplicării unor tehnologii cu productivitate mai mare.

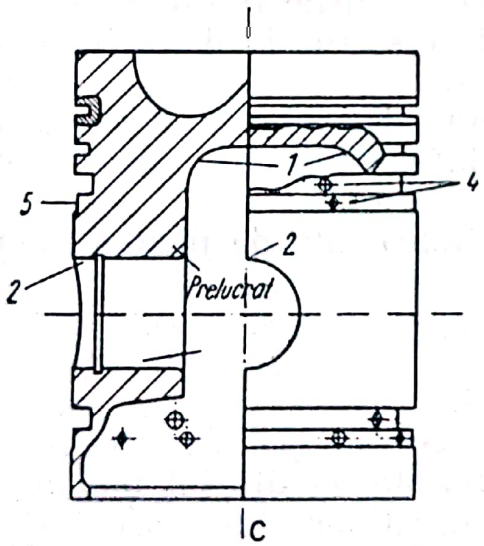
* Analiza valorii este metoda care permite calculul rezultatelor unor modificări ale produsului în scopuri precizate.

Scanned with OKEN Scanner

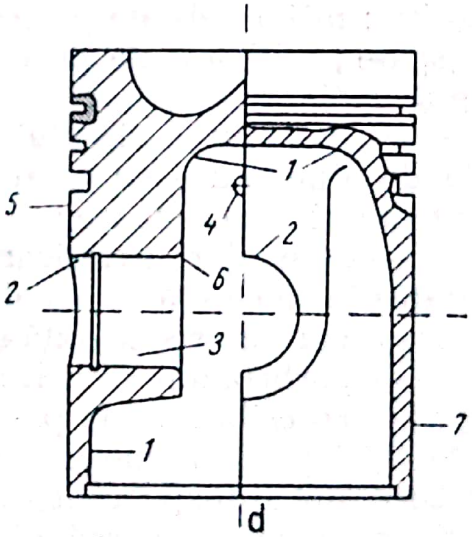




1 - Forma interioară cere tehnologie complicată
2 - Prelucrare așchiere
3 - Total 4 găuri
4 - Total 48 găuri
5 - Prelucrare conicitate



1 - Tehnologie revizuită și simplificată
2 și 3 Se renunță
4 - Numai 20 găuri
5 - Degajare în trepte



1 - Forma și mai simplă permite turnare automatizată
2 și 3 - Se renunță
4 - Numai 2 găuri
5 - Fără degajare
6 - Racordare prin turnare
7 - Renunțarea la al doilea segment de ungere

Fig. 49.

Scanned with OKEN Scanner

În ceea ce privește natura datelor de feed-back și impactul acestora asupra concepției, este de o importanță capitală aplicarea principiilor terotehnice în domeniul accidentelor rutiere. În adevăr, examinarea cauzelor accidentelor, a efectelor lor asupra structurilor automobilului, a cheltuielilor cerute de reparațiile după accidente, într-un cuvînt a tuturor împrejurărilor legate de acestea, înlesnește stabilirea următoarelor căi principale de îmbunătățire a siguranței automobilului prin mijloace tehnologice :

a. În domeniul siguranței active : cîmp de vizibilitate lărgit și înspre spate ; împiedicarea înghețării exterioare și aburirii exterioare pentru TOATE geamurile ; ștergător de parbriz cu mai multe viteze ; ștergător pentru geamul din spate ; ștergător pentru faruri ; semnalizări laterale ; faruri anticeață ; reglare ușoară a pozițiilor farurilor ; creșterea stabilității pe cale ; dispozitive antiblocare la frîne ; corectare în curbe a frînării pe roțile din spate ; ergonomia locului de conducere ; dispozitive și identificarea comenzilor ; dispozitive de avertizare și de limitare a vitezei ridicate ; dispozitive de detectare a defecțiunilor și a elementelor în stare necorespunzătoare.

b. În domeniul siguranței pasive :

— protecția persoanelor în caz de ciocnire : spațiul de supraviețuire ; mijloacele de protecție față de ciocnirile frontale, laterale, din spate ; mijloace de protecție față de răsturnări ; dispozitive pasive de reținere ;

— prevenirea riscului de incendiu : dispozitive pentru instalația de alimentare cu combustibil ; inflamabilitatea materialelor habitaclului ; extinctoare ;

— amenajări exterioare ; agresivitatea față de pietoni ; agresivitatea la ciocnirea cu un alt vehicul ;

— bare de șoc în față și spate ;

— parbriz din securit ;

— accesibilitate la pasagerii răniți.

Se mai poate remarca preocuparea necesară pentru a se realiza caroserii nu aproape dintr-o singură bucată, ci din cît mai multe părți, în scopul de a reduce costul reparațiilor după accidentare, prin înlocuirea numai a părții distruse.

* * *

Una dintre activitățile de investigare fundamentală, teoretică și experimentală, a unităților ProTero și LabTero constă în elaborarea unor metode de calcul pentru dimensionarea componentelor pe baza fiabilității specificate. Aceasta, după cum s-a arătat mai înainte, presupune o reevaluare critică a proiectării tradiționale care se bazează pe multiplicatori empirici cum sînt coeficienții de siguranță.

Scanned with OKEN Scanner

Parametrii calculelor de dimensionare sînt, în realitate, de natură statistică, fiind caracterizaţi prin intervale de valori şi nu prin valori unice. Ori tocmai această împrejurare obligă la a căuta stabilirea unor metode probabilistice de calcul. În acest cadru, metodele actuale, convenţionale, devin cazuri speciale ale metodelor probabilistice mai generale.

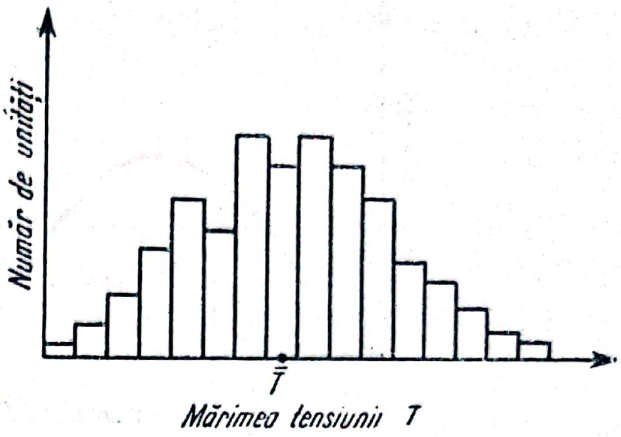


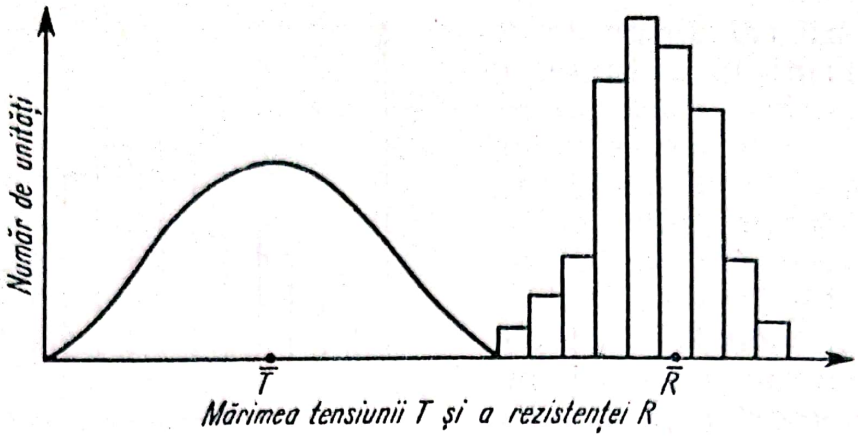
Fig. 50.

În general, la proiectarea unei componente pentru a stabili cît de rezistentă trebuie aceasta să fie realizată, în primul rînd este necesar să se stabilească mărimile tensiunilor care se vor produce în aceasta. Ca urmare, tensiunile produse în diferitele regimuri de lucru trebuie determinate cu exactitate. Rezultatele se transcriu într-o diagramă (fig. 50) care are în abscisă mărimea tensiunii, iar în ordonată numărul de unităţi din fiecare secţiune a diagramei.

Dacă obiectul studiului este un tip de automobil, atunci stările de tensiuni din componentele sale vor depinde în cea mai mare măsură de condiţiile căii sau de funcţionare, precum şi de masa totală a automobilului. Firește, factorul uman joacă un rol important şi iraţional : dacă un automobil supraîncărcat, care rulează pe un drum prost, este condus neglijent, atunci cazul său se găsește în extrema dreaptă a diagramei. Trebuie remarcat faptul că, dacă motorul este de putere mare, starea de tensiuni ale unor componente din cutia de viteze poate fi mai redusă, deoarece automobilul va funcţiona în schimburi de viteză mai înalte.

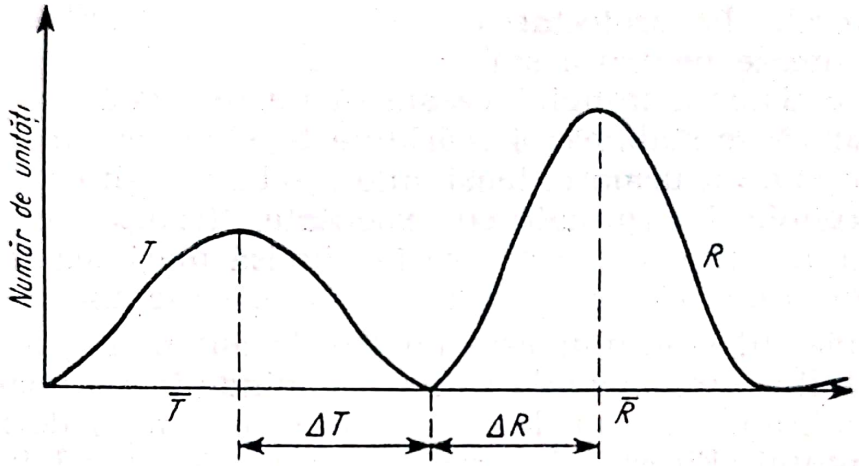
Componentele trebuie să fie capabile să suporte tensiunile produse şi ca urmare se vor calcula astfel încît să posede rezistenţa potrivită. În fig. 51 s-a plasat pe aceeaşi diagramă — pe care s-au trasat tensiunile — şi rezistenţele. Poziţia relativă dintre curbele de repartiţie a tensiunilor şi rezistenţelor arată calitatea rezistentă a obiectului studiat. Astfel, dacă cele două curbe nu se întretaie (fig. 52, *a*), atunci în principiu nici o defecţiune nu se produce, iar dacă cele două curbe se suprapun parţial (fig. 52, *b*), atunci apare o probabilitate de defectări indicată de aria haşurată. Mărimea acestei probabilităţi depinde de gradul de suprapunere a celor două distribuţii : la creşterea suprapunerii, se măreşte aria haşurată şi, prin urmare, probabilitatea de defectare creşte şi ea proporţional.

Scanned with OKEN Scanner



Mărimea tensiunii T și a rezistenței R

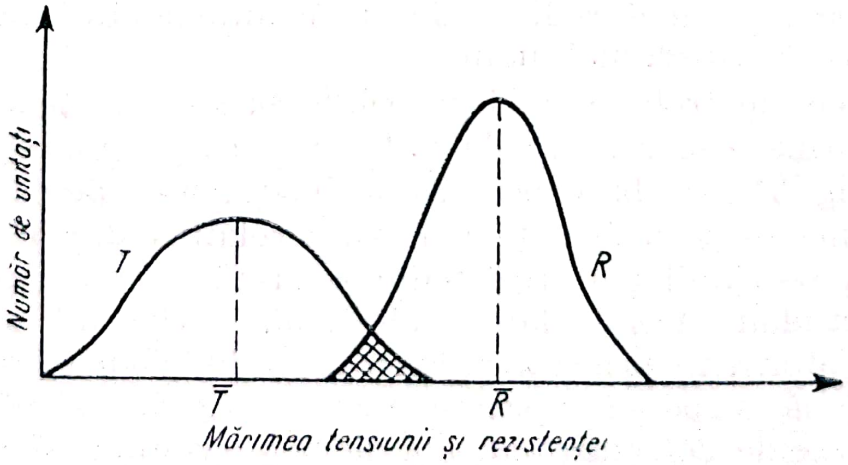
Fig. 51.



Mărimea tensiunii și rezistenței

$$\bar{T} + \Delta T = \bar{R} - \Delta R$$

a



Mărimea tensiunii și rezistenței

$$\bar{T} + \Delta T > \bar{R} - \Delta R$$

b

Fig. 52.

Scanned with OKEN Scanner

În metoda convențională de calcul, coeficientul de siguranță C_S are mai multe definiții. Teoretic,

$$C_S = \frac{\overline{R}}{\overline{T}}$$

și, ca urmare, semnificația sa este de comensurare a gradului de separație dintre rezistența medie $\overline{R}$ și tensiunea medie $\overline{T}$. Nu dă însă nici o indicație asupra probabilității de defectare a componentei calculate.

Unii proiectanți cred că, proiectînd cu un coeficient de siguranță „acoperitor" de mare — de pildă $C_S = 2{,}5$ — se elimină posibilitatea de defectare a componentei. În realitate, chiar cu această valoare, destul de ridicată pentru a ajunge la o supradimensionare a componentei, probabilitatea defectării — depinzînd de gradul de întretăiere a celor două curbe de distribuție — poate varia de la valori reduse pînă la o valoare inacceptabil de mare.

O altă definiție a lui C_S este raportul dintre rezistența R calculată a componentei și încărcarea calculată I corespunzătoare a componentei :

$$C_S = \frac{R}{I}. \tag{1}$$

Valorile reale ale lui R și I diferă de cele calculate în mod inerent, astfel încît cea mai mică rezistență posibilă este $R - \Delta R$, iar cea mai mare încărcare posibilă este $I + \Delta I$.

Pentru a evita defectarea componentei trebuie îndeplinită condiția evidentă

$$R - \Delta R \geqslant I + \Delta I, \tag{2}$$

sau

$$R\left(1 - \frac{\Delta R}{R}\right) \geqslant I\left(1 + \frac{\Delta I}{I}\right),$$

de unde se deduce valoarea cea mai redusă posibilă a coeficientului de siguranță

$$C_S = \frac{R}{I} = \frac{1 + \Delta I/I}{1 - \Delta R/R}. \tag{3}$$

Se poate constata că, la o variație de 25% a valorilor calculate ale rezistenței și încărcării, coeficientul de siguranță are valoarea

$$C_S = \frac{1 + 0{,}25}{1 - 0{,}25} = 1{,}67,$$

adică mai mică decît cea considerată drept necesară (2,5).

Scanned with OKEN Scanner

Valorile rezistenței R caracterizează proprietățile materialului iar valorile încărcării I caracterizează regimul de sarcini aplicate.

Definiția precedentă a coeficientului de siguranță este cea mai potrivită, deoarece permite evaluarea fiabilității, a ratei defecțiunilor.

O idee asupra corelațiilor dintre coeficientul de siguranță, proprietățile materialului și abaterile probabilistice ale încărcării se poate obține, pentru orice valoare dată a ratei defecțiunilor, din relația [3]

$$\left[1-\left(\frac{K_R}{K_{ms}}\right)^2\right]C_S^2-2\,C_S+\left[1-\left(\frac{K_I}{K_{ms}}\right)^2\right]=0,$$

în care : K_R este coeficientul de variație a proprietăților de rezistență a materialului ; K_I — coeficientul de variație a încărcării ; K_{ms} — coeficientul pentru marginea siguranței ; C_S — coeficientul de siguranță după definiția statistică (estimarea statistică a valorilor medii).

În fig. 53 se arată influențele importante ale coeficientului de variație a rezistenței materialului K_R asupra valorii necesare a coeficientului de siguranță C_S. Se confirmă faptul că, pentru folosirea la maximum a materialului, care este deziderатul principal al eficienței economice a proiectării, este necesar să se cunoască perfect proprietățile de rezistență a materialului și de asemenea ca abaterile acestora față de valoarea medie standard să fie cît mai mici.

În fig. 54 se arată influența încărcării (prin K_I) și a rezistenței componentei (prin K_R) asupra probabilității de defectare p.

Dacă probabilitatea de defectare a unei componente oarecare este p și dacă există în produs un număr de i componente similare, probabilitatea de defectare pentru produsul în ansamblul său este ip. Dacă s-au realizat N produse și dacă se impune ca probabilitatea de defectare pentru oricare produs să nu depășească valoarea d, atunci

$$p=\frac{d}{iN}.$$

Dacă de pildă este vorba de $N=100$ de motoare și $i=10$ componente similare, cerîndu-se $d=1:10$, atunci

$$p=\frac{1}{10\cdot10\cdot100}=10^{-4}.$$

Prin urmare, din fig. 54 se poate deduce valoarea necesară a coeficientului de siguranță C_S, pentru a se obține diferite proba-

Scanned with OKEN Scanner

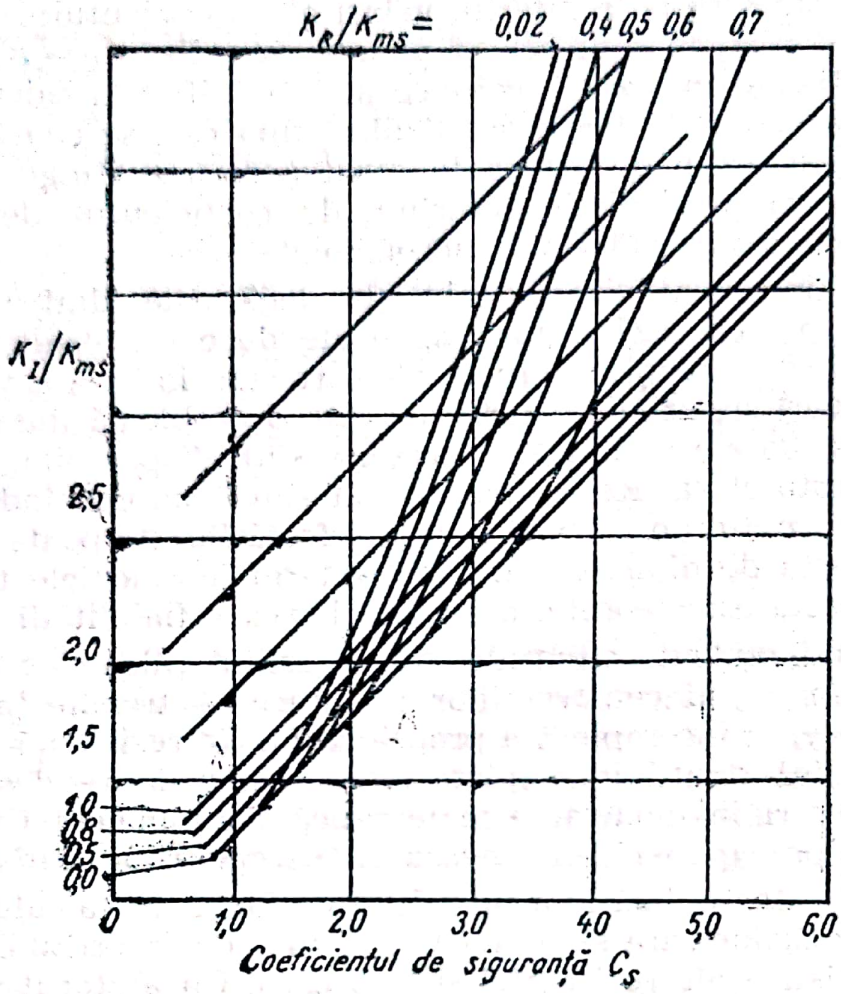

K_R/K_{ms} = 0,02 0,4 0,5 0,6 0,7
K_I/K_{ms}
2,5
2,0
1,5
1,0
0,8
0,5
0,0
0
1,0
2,0
3,0
4,0
5,0
6,0
Coeficientul de siguranță C_s

Fig. 53.

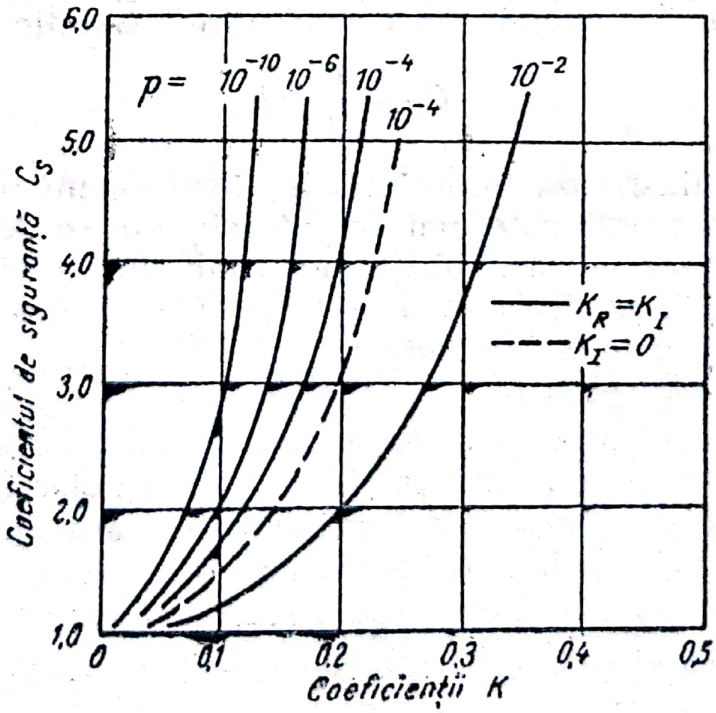

p = 10^{-10} 10^{-6} 10^{-4} 10^{-4} 10^{-2}
$K_R = K_I$
$K_I = 0$
Coeficientul de siguranță C_s
6,0
5,0
4,0
3,0
2,0
1,0
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
Coeficienții K

Fig. 54.

bilităţi de defectare p, la diferite valori ale coeficientului de variaţie a rezistenţei materialului K_R şi pentru cazurile $K_R = K_I$ şi $K_I = 0$ (fără variaţii ale încărcării, ceea ce are semnificaţia calculului perfect de proiectare). Chiar în acest din urmă caz, se constată că valoarea coeficientului de siguranţă cerut pentru a atinge un anumit nivel de fiabilitate depinde hotărîtor de coeficientul de variaţie a variabilei mai puţin cunoscute, necontrolate.

Relaţia precedentă, care stabileşte legăturile dintre diferitele mărimi ce influenţează siguranţa, poate duce la rezultate corecte numai dacă sînt îndeplinite ipotezele care stau la baza stabilirii sale, şi anume dacă siguranţa structurală este o problemă numai de probabilitate şi datele statistice necesare sînt disponibile şi corecte. Datorită faptului că aceste ipoteze nu sînt complet îndeplinite în practică, conceptul de probabilitate a defectărilor nu poate fi acceptat ca un criteriu de dimensionare (proiectare) în calculele tehnice, cu toate că acesta este teoretic o măsură logică a fiabilităţii.

Apreciind realistic situaţiile din domeniul calculelor inginereşti — cel puţin cel al construcţiilor mecanice — trebuie ţinut seama de : cunoaşterea incompletă a proprietăţilor de rezistenţă a materialelor etc. ; informaţii incomplete şi nu toate sigure despre încărcări etc. ; erori în modelarea matematică a componentei şi încărcărilor sale ; presupuneri greşite asupra parametrilor statistici.

Toate acestea obligă la a introduce un factor în calculul probabilităţii defectărilor care să definească gradul de incertitudine la evaluările statistice ale rezistenţei şi încărcării. Cu ajutorul unui astfel de factor de incertitudine f, coeficientul de siguranţă poate fi ales ca fiind obligat să îndeplinească următoarea condiţie :

$$C_S = \frac{R}{I} \geqslant f. \tag{4}$$

Cazul $f = 1$ ilustrează împrejurările în care nu se face nici o eroare din cele menţionate mai înainte şi cînd se deţin informaţii complete şi sigure — caz, firesc, neîntîlnit în practică. Urmează atunci să se folosească o metodă prin care rezultatele calculelor să reflecte gradul lor de incertitudine.

După cum s-a arătat (v. fig. 52, *b* în care $T = I$, adică încărcările componentei reprezintă tensiunile sale), zona de suprapunere a curbelor de distribuţie a încărcărilor şi rezistenţelor determină amploarea defectărilor componentelor şi drept urmare aceasta este logic să fie comensurată cu incertitudinea generală. Astfel, relaţia (2),

$$\overline{R} - \Delta R \geqslant \overline{I} + \Delta I,$$

Scanned with OKEN Scanner

care exprimă condiția ca nici o defecțiune să nu aibă loc, condiție îndeplinită doar la certitudine totală în ceea ce privește mărimile cuprinse, se poate aranja astfel încît să se introducă și factorul de apreciere. În adevăr, raportul

$$\frac{\bar{R}-\Delta R}{\bar{I}+\Delta I} = \frac{\text{cea mai mică rezistență}}{\text{cea mai mare încărcare}}$$

nu poate fi mai mare sau egal cu unitatea decît în condițiile certitudinii totale a calculelor — situație inexistentă în practică. De aceea, în realitate raportul precedent trebuie comparat cu factorul de incertitudine ales, f, în cadrul inegalității

$$\frac{\bar{R}-\Delta R}{\bar{I}+\Delta I} \geqslant f, \tag{5}$$

care deci exprimă în fond condiția ca valoarea minimă (calculată) a coeficientului de siguranță, care este tocmai membrul stîng al relației (5), să fie mai mare sau cel puțin egală cu valoarea factorului de incertitudine. Se poate arăta că veridicitatea defectărilor ce apar datorită caracterului variabil al rezistenței R și încărcării I a componentei se definește cu ajutorul factorului de risc r, prin relația

$$p(\bar{R}/\bar{I} < f) \leqslant r. \tag{6}$$

De asemenea se demonstrează că limita riscului este produsul probabilităților x și y ca R și I să se întretaie și ca urmare :

$$p(\bar{R}/\bar{I} < f) = x \cdot y \tag{7}$$

reprezintă de fapt criteriul de bază pentru fiabilitatea componentei calculate. Alegerea valorilor potrivite pentru f, x și y devine condiția centrală pentru obținerea unor rezultate realistice. Astfel, produsul xy, adică factorul de risc, depinde de riscul de defectări acceptabil și trebuie să cuprindă și consecințele unor defectări cu caracter de avarie (catastrofale). Valoarea maximă a lui y poate fi fixată ținînd seama de supraîncărcări, în scopul de a proteja componenta în astfel de împrejurări. Valorile lui x pot fi determinate astfel încît să se țină seama de unele slăbiciuni ale procesului tehnologic sau ale controlului de calitate. Din punct de vedere pur economic, valorile x și y pot fi determinate pe baza teoriei luării deciziei economice.

În fine, trebuie semnalată și necesitatea ca însăși metoda de calcul de dimensionare să fie așezată pe baze statistice. Esențial este,

Scanned with OKEN Scanner

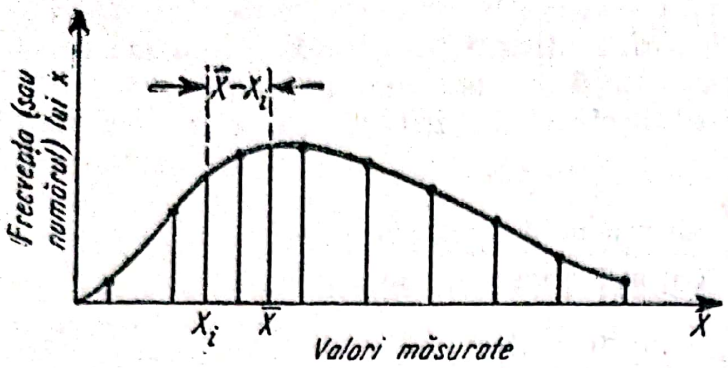


Fig. 55.

în acest ordin de idei, faptul că încărcările aplicate componentelor, dimensiunile acestora, ca și rezistențele în materialele din care sînt ele realizate — toate acestea sînt variabile, diferă valoric. Dacă se măsoară o anumită mărime X (ca secțiunea transversală a unei bare, forța aplicată etc.), rezultatul măsurării este o populație de valori diferite, care în ordinea crescătoare a mărimilor sînt :

$$X_1, X_2, X_3, \ldots, X_{n-1}, X_n.$$

Înscrierea acestor valori pe abscisa unui grafic, care în ordonată are frecvența (sau numărul) mărimilor populației găsite cu aceeași valoare măsurată (fig. 55), duce la o repartiție stabilă, previzibilă la creșterea lotului de mărimi. În mod obișnuit, repartițiile determinate aproximează una din tipurile cunoscute de repartiții (normală-Gaussiană, beta, gamma etc.). Reparația este descrisă de un cuplu de două valori :

— valoarea medie a mărimilor $\bar{X}$, care caracterizează tendința centrală a repartiției, indicînd localizarea sa într-un sistem de coordonate ;

— abaterea standard a_s, care indică dispersia valorilor față de cea medie, prin faptul că descrie imaginea repartiției prin mărimea diferenței $\bar{X}-X_i$ dintre valoarea medie $\bar{X}$ și o valoare X_i oarecare ; prin urmare, abaterea pătrată medie față de valoarea medie este media valorilor $(\bar{X}-X_i)^2$; ridicarea la pătrat este necesară deoarece diferențele, pentru valori X_i superioare mediei $\bar{X}$, sînt negative și deci ridicarea la pătrat permite medierea ; rădăcina pătrată a acestei măsuri a repartiției este de fapt abaterea standard a_s.

Majoritatea mărimilor din calculele de dimensionare prezintă variații ale valorilor lor (secțiuni, forțe, rezistențe etc.) și, ca urmare, pot și trebuie să fie descrise în mod realistic ca mărimi statistice, definite de cuplul de valori arătat (valoarea medie a mărimii și abaterea standard) : $(\bar{X}, a_x)$.

Astfel, secțiunea transversală a unei bare este descrisă de $(\bar{S}, a_s)$ cm^2, iar încărcarea (forța aplicată) de $(\bar{F}, a_F)$ daN.

Scanned with OKEN Scanner

Cel mai simplu exemplu de dimensionare — la întindere — este arătat în continuare (pentru ilustrare).

Se cunosc: forța (încărcarea aplicată) $(\bar{F}\,;\ a_F)=(3\,000\,;\ 45)$ daN și materialul barei (fig. 56) supuse la întindere, ca urmare o rezistență de referință $(\bar{R}_r\ ;\ a_R)=(10\,000\,;\ 300)$. Se precizează de asemenea o fiabilitate $f=0{,}999$ și se cere valoarea diametrului barei $(\bar{D},\ a_D)$.

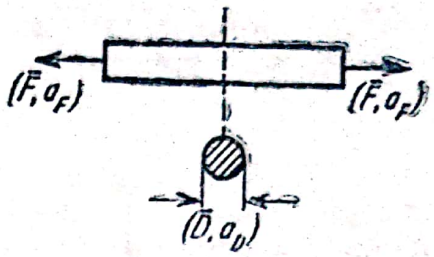


Fig. 56.

Secțiunea transversală a barei este $S=\pi r^2$ și $\bar{S}=\pi\bar{r}^2$ iar valoarea estimată a abaterii standard a secțiunii transversale $a_S=2\,\pi\bar{r}\,a_r$.

Tensiunea este

$$(T_t,\ a_{Tt})=\frac{(\bar{F}\,;\ a_F)}{(\bar{S}\,;\ a_S)}=\frac{(3\,000\,;\ 45)}{(\pi\bar{r}^2\,;\ 2\ \pi\bar{r}\,a_r)}.$$

Luînd în considerare toleranțele de fabricație a barelor, se calculează o abatere standard a mărimii razei

$$a_r=\frac{0{,}015\,\bar{r}}{3}=0{,}005\,\bar{r}.$$

Astfel $T_t=\dfrac{\bar{F}}{\pi\bar{r}^2}=\dfrac{3\,000}{\pi\bar{r}^2}$.

Știind că abaterea calculată este

$$a_{Tt}^2=\frac{1}{\bar{S}^2}\left(\frac{\bar{F}^2\,a_S^2+\bar{S}^2\,.a_F^2}{\bar{S}^2+a_S^2}\right),$$

și că $\bar{S}^2+a_S^2\approx\bar{S}^2$,

rezultă

$$a_{Tt}^2\approx\frac{1}{\pi^2\bar{r}^4}\cdot\frac{3\,000^2(2\,\pi\bar{r}\,0{,}005\,\bar{r})^2+\pi^2\bar{r}^4\,45^2}{\pi^2\bar{r}^4}$$

sau

$$a_{Tt}^2\approx\frac{2\,925}{\pi^2\bar{r}^4}.$$

Folosind „ecuația de cuplare", care leagă între ele tensiunile aplicate cu cele admisibile.

$$Z=\frac{|T_t-\bar{R}|}{(a_{Tt}^2+a_R^2)^{1/2}}$$

Scanned with OKEN Scanner

în care (din tabele [38]) λ are valoarea ≈ 3 (corespunzător fiabilității precizate $f=0{,}999$), se obține :

$$3 = \frac{3\,000/\pi\bar{r} - 10\,000}{[2\,925/\pi^2\bar{r}^4 + 300^2]^{1/2}},$$

de unde se deduce în final $\bar{r}=2{,}94$ mm și $\bar{D}=5{,}88\pm0{,}05$ mm.

Pe baze similare se elaborează și metodele de calcul pentru grinzi supuse la încovoiere, coloane supuse la comprimare și flambaj, pentru solicitări combinate (răsucire și încovoiere), pentru deformații etc.

* * *

În încheierea acestor considerații este obligatoriu să se răspundă la unele întrebări cu privire la eficiența încorporării, în produse și în calculul lor de dimensionare, a unor performanțe ca fiabilitatea. De fapt, întrebarea directă este : „cît costă fiabilitatea ?“ În adevăr, realizarea unei fiabilități superioare pe de o parte ridică performanțele de durată ale produsului, din care rezultă reduceri de cheltuieli, dar pe de altă parte cheltuielile pentru realizarea gradului superior de fiabilitate măresc cheltuielile totale.

Problema are un aspect destul de interesant și datorită faptului că, la variația fiabilității produsului, cheltuielile totale ale constructorului se modifică cu totul altfel decît cheltuielile totale ale utilizatorului (fig. 57). Ca urmare, nu numai că se modifică valoarea

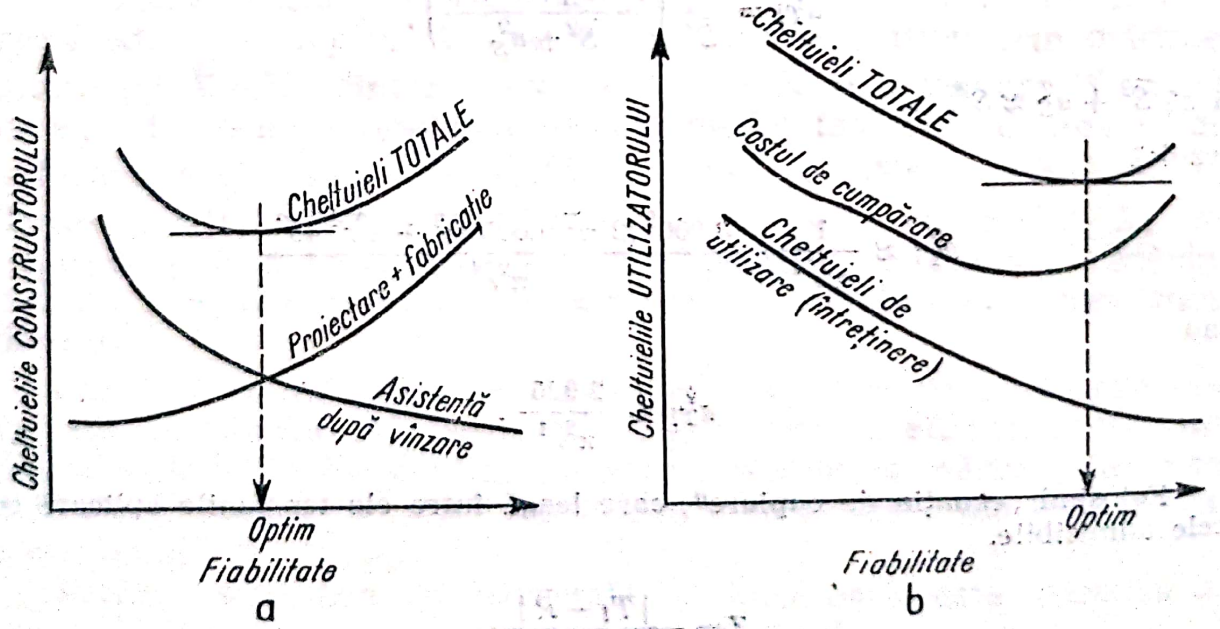


Fig. 57.

Scanned with OKEN Scanner

cheltuielilor totale, dar mai ales se deosebesc valoric mult gradele de fiabilitate la care cheltuielile totale ale constructorului, respectiv ale utilizatorului sînt minime : fiabilităţile optime sînt diferite pentru constructor faţă de utilizator.

Preţul (costul) de cumpărare scade la creşterea fiabilităţii (fig. 57, *a*), deoarece în acelaşi timp cu creşterea fiabilităţii produsului scade costul de fabricaţie. Cheltuielile totale ale constructorului (fig. 57, *a*) se reflectă în preţul de vînzare (respectiv costul de cumpărare), ceea ce are ca efect scăderea acestuia odată cu creşterea fiabilităţii (fig. 57, *b*), firește limitat la gradul optim de fiabilitate pentru constructor, după care cheltuielile totale ale acestuia încep să crească, ceea ce va provoca şi creşterea preţului de vînzare (costului de cumpărare).

Un exemplu de încercare pentru elaborarea unei metode de calcul al efectelor creşterii fiabilităţii unui parc de autovehicule asupra cheltuielilor de utilizare este arătat în anexa III [39].

Consideraţii finale asupra efectelor economice de bază ale sistemului terotehnic

Scopul principal al activităţilor terotehnice este în mod firesc de natură economică : reducerea cheltuielilor de întreţinere a produselor pe toate căile posibile. Prin urmare, structura terotehnicii obligă la urmărirea acestui scop, începînd cu activităţile concepţiei şi terminînd cu rentabilizarea întreţinerii.

De asemenea, pentru a putea comensura rezultatele obţinute, devine necesară elaborarea unor metode de calcul economic în cadrul cărora să-şi poată manifesta influenţele cantitative toţi factorii care contribuie la stabilirea efectelor economice. Acest deziderat întîmpină pentru realizarea sa extrem de mari dificultăţi generate, în principal, de lipsa cunoaşterii datelor necesare, de toate categoriile, începînd cu cele pentru calculele de dimensionare şi terminînd cu cele de comportare pe teren a produselor. Chiar în cazurile pentru care se deţin date, se ridică problema încrederii în valabilitatea lor, precum şi aceea a realismului lor, chiar dacă sînt corecte, în perioada în care sînt utilizate. În adevăr, modificările în timp — în bine sau în rău — ale proprietăţilor materialelor, ale diferitelor costuri, ale disciplinei tehnologice, ale calităţii procedeelor tehnologice etc. pot face ca datele colectate într-o perioadă trecută să nu mai corespundă situaţiei din perioada efectuării calculelor şi atunci evaluările cantitative ale efectelor economice devin deci la fel de incerte ca şi datele folosite.

Scanned with OKEN Scanner

Cu toate aceste riscuri — de altfel inerente oricăror aprecieri cantitative similare — se pot dezvolta metoda de calcul economic ale sistemelor teoretice cu un grad suficient de siguranță. Astfel, în anexa IV se prezintă un exemplu în acest sens.

În fine, un efect de mare însemnătate, care descrie foarte bine implicațiile activităților terotehnice, este acela al fundamentării unui nou mod de gîndire la achiziționarea oricărui produs, uzină etc. și anume al luării în seamă și a cheltuielilor de întreținere ce vor fi cerute de noul produs atunci cînd se ia decizia de achiziționare. Astfel, pătrunde în metodologia achiziționării și componenta terotehnică a „întreținerii previzionale". În anexa V se exemplifică metodologia întreținerii previzionale la achiziție.

• • •

În încheiere, autorul își exprimă din nou credința că scurta și modesta sa încercare de a atrage atenția asupra necesității integrării în activitățile tehnico-economice a terotehnicii va contribui la realizarea economiilor așteptate și că lucrarea sa — cu caracter de introducere în Terotehnică — va fi urmată de studii care să dezvolte această nouă știință inginerească din ce în ce mai în profunzime și în generalizări.

Scanned with OKEN Scanner

Bibliografie

1. **Apostol, P.** *Baze teoretice și metodologice ale științei conducerii societății socialiste.* În : Introducere în știința conducerii societății socialiste. București, Editura Politică, 1974.
2. **Batstone, W.** *Major defects, evaluation and methods of improvement in British Road Services.* În : The Reliability of Diesel Engines and its Impact on costs. Londra, I. Mech. E. 1972.
3. **Bertodo, R.** *Design of Large Diesels for Operational Reliability.* Londra, Proc. 1970—71, Vol. 185, 31/71 I. Mech. E.
4. **Bisiker, J., Goodfellow, R.** *Role of analysis in commercial vehicle maintenance.* În : FISITA XIV Congress, Londra, 1972.
5. **Blackman, W.** *Maintenance and repair of military vehicles.* În : FISITA XIV Congress, Londra, 1972.
6. **Botez, M.** *Creativitate și conducere.* Aspecte metodologice. În : Introducere în știința conducerii societății socialiste. București, Editura Politică, 1974.
7. **Bradfield, H.** *Vehicle whole life cost prediction — a purchase strategy.* În : FISITA XIV Congress, Londra, 1972.
8. **Buty, L.** *De l'influence de l'Après-vente sur la conception des véhicules.* În : Ingénieurs de l'automobile, nr. 5, 1967.
9. **Caster, S.** *Obiectul și specificitatea controlului ca funcție de conducere în societatea socialistă.* În : Introducere în știința conducerii societății socialiste, București, Editura Politică, 1974.
10. **Dean, H.** *From headline news to accepted practice.* Proc. I. Mech. E. (A.D.), 1962—63, Londra.
11. **Dumitrescu, M.** *Strategia procesului decizional.* În : Introducere în știința conducerii societății socialiste, București, Editura Politică, 1974.
12. **Fisher, J.** *The Department of the Environment as a diesel, engine user.* In : The Reliability of Diesel Engines and its Impact on cost. Londra, I. Mech. E. 1972.
13. **Forsdick, B.** *Vehicle fleet provision — the overall policy decision.* In : FISITA XIV Congress, Londra, 1972.
14. **Gibbs, V.** *How accident repair costs are influenced by design.* În : FISITA XIV Congress, Londra, 1972.
15. **Griffey, M., Harvey, B.** *The management and assessment of availability of diesel engines in the Royal Navy.* În : The Reliability of Diesel Engines and its Impact on cost, Londra, I. Mech. E. 1972.
16. **Heatreed, M., Sweet, A.** *The effects of the unreability of equipment in army service with particular reference to diesel engined equipment.* În : The Reliability of Diesel Engines and its Impact on cost, Londra, I. Mech. E., 1972.
17. **Henshall, S., Fletcher, N.** *Designing heavyduty engines for high reliability.* În : The Reliability of Diesel Engines and ist Impact on cost, Londra, I. Mech. E., 1972.
18. **Jardine, A.** *Maintenance, replacement and reliability.* Ed. Pitman, Londra-N. York, 1973.

Scanned with OKEN Scanner

19. **Jost, H.** *Down with Maintenance ?* În : C.M.E. Londra, aprilie, 1972.
20. **Karlsson, T.** *Engines for Economical Transport.* Material al Uzinelor Volvo, Suedia.
21. **Kibblewhite, G.** *British Railways diesel electric locomotives — reliability and cost maintenance.* În : The Realibility of Diesel Engines and its Impact on cost, Londra, I. Mech. E., 1972.
22. **Koontz, C.** *The evolution of a customer conscious concept of reliability.* În : The Reliability of Diesel Engines and its Impact on cost, Londra, I. Mech. E., 1972.
23. **Lindgren, O.** *Some examples from diesel engine development work.* În : The Realibililty of Diesel Engines and its Impact om cost, Londra, I. Mech. E., 1972.
24. **Malița, M.** *Aurul cenușiu.* Vol. III : Cibernetică și sisteme. Cluj, Editura Dacia, 1973.
25. **Mathews, D.** *Reliability of vehicles for the distribution of petroleum products.* În : The Reliability of Diesel Engines and its Impact on cost, Londra, I. Mech. E., 1972.
26. **Munro, R., Day, R., Silvester, V.** *Cylinder component design reliability and cost.* În : The Reliability of Diesel Engines and its Impact on cost, Londra, I. Mech. E., 1972.
27. **Parkes, D.** *Problems of the Maintenance Engineer.* The Chartened Mehanical Engineer. Londra, Mai 1971.
28. **Paterson, J.** *The American Truking Association.* În : FISITA XIV Congress, Londra, 1972.
29. **Powell, D., Wedmore, D.** *Establishing diesel engine equipment reliability.* În : The Reliability of Diesel Engines and its Impact on cost, Londra, I. Mech. E., 1972.
30. **Powell, D.** *Contribution of environmental testing to vehicle equipment reliability.* În : FISITA XIV Congress, Londra, 1972.
31. **Racoveanu, N.** *Modelare și simulare în procesul deciziei.* În : Introducere în știința conducerii societății socialiste, București, Editura Politică, 1974.
32. **Savary, V.** *De la diminution de la consistance et de la fréquence des opérations d'entretien des autobus.* În : FISITA XIV Congress, Londra, 1972.
33. **Smith, C.** *Reliability of diesel engines in London Transport's buses.* In : The Reliability of Diesel Engines and its Impact on cost, Londra, I. Mech. E., 1972.
34. **Sward, K.** *L'entretien de l'équipement d'une entreprise.* Paris, Les Editions d'Organisation, 1967.
35. **Taylor, A.** *The designer's contribution to reliability.* În : The Reliability of Diesel Engines and its Impact on cost. Londra, I. Mech. E., 1972.
36. **Towers, J., Clover, M.** *The use of reliability technique in engine development.* În : The Reliability of Diesel Engines and its Impact on cost. Londra, I. Mech. E., 1972.
37. **Wasserman, R.** *How to save millions by reducing inventories of spare parts.* Ed. Eutectic Castolin, New York, 1971.
38. **Zadeh, L.** ș.a. *Teoria sistemelor.* Editura tehnică, București.
39. **Zalud, F., Lane, J.** *Automobile reliability — a key to lower overall transport costs.* În : FISITA XIV Congress, Londra, 1972.
40. * * * L'entretien et les réparations dans les pays en voie de développement. Rapport du Colloque tenu à Duisburg (RFA) et organisé par l'ONUDI. Nations Unies, New York, 1972.
41. * * * Electrical Review 21.1.1972, pag. 88—89.

Scanned with OKEN Scanner

Anexa I

Întreţinerea preventivă a unui parc de autobuze urbane

Plecînd de la faptul că cheltuielile de întreţinere depind de metoda folosită în acest scop şi că, în afară de operaţiile corective, întreţinerea preventivă trebuie să fie astfel organizată încît — prin conţinutul şi frecvenţa operaţiilor sale — să minimalizeze cheltuielile totale de întreţinere, un parc de 3 800 autobuze urbane [39] a făcut obiectul unui studiu aprofundat asupra metodei potrivite de întreţinere preventivă. Aceasta din urmă conţine operaţii codificate care se execută la intervale de timp sau la distanţe parcurse date. Operaţiile necesare au fost împărţite în trei grupe :

1. Operaţii denumite „de garaj" : plinurile de combustibil, lubrifiant şi lichid de răcire, lichid de frînă, presiunea în anvelope, verificări, controale şi reglaje diferite (în special acelea care au implicaţii asupra siguranţei în circulaţie) etc.

2. Schimbarea unor piese sau organe şi reparaţia organelor demontate.

3. Revizii şi reparaţii, mari, în cazul în care autovehiculul le pretinde.

Operaţiile corective au fost executate atunci cînd a fost posibil şi cînd natura avariei a permis reparaţia în perioada fixată pentru astfel de intervenţii.

În scopul de a putea preciza natura operaţiilor de întreţinere preventivă, precum şi intervalul optim între două intervenţii succesive, s-au folosit două metode complimentare :

(A) Pentru operaţiile clasificate în prima grupă s-a folosit experienţa acumulată, precum şi rezultatele unor experimentări pe loturi reduse de autovehicule.

(B) Pentru operaţiile clasificate în celelalte două grupe s-au folosit rezultatele studiilor de fiabilitate.

Metoda A. Această metodă — care poate fi privită oarecum drept „tradiţională" — se bazează pe o lungă experienţă, cuprinzînd, în anumite perioade de timp, situaţii în care evitarea avariilor ce făceau piesele şi organele afectate de nereparat era un imperativ categoric. De asemenea, în aceleaşi perioade, reviziile generale se aplicau unor materiale vechi, imposibil de înnoit.

Scanned with OKEN Scanner

Întreținerea preventivă constă în următoarele :

— Zilnic : plinurile.

— La fiecare 1 250 km parcurși, cu ocazia inspecției intermediare (II) : verificarea compresorului, pompei de injecție, bateriilor de acumulatoare etc., a stării și presiunii anvelopelor, purjarea rezervoarelor de aer comprimat, diferite alte controale esențiale ; durata — aproximativ 1 oră.

— La fiecare 2 500 km, cu ocazia inspecției de garaj (IG) la cele precedente se adăugau : verificarea nivelelor de lubrifiant la cutia de viteze și la diferențial, gresarea sub presiune a transmisiei și direcției ; durata — aproximativ 2 ore.

— La fiecare 5 000 km, cu ocazia inspecției mici (Im), se proceda la controale mai complete, cu aproximativ 80 de operații de demontaj, în plus față de cele precedente ; durata — aproximativ 1/2 zi.

— La fiecare 20 000 km, cu ocazia inspecției mari (IM), la cele precedente se adăugau demontaje de mai mare anvergură (capacul culbutorilor, placa inferioară a cutiei de viteze etc.), cu un total de 110 operații ; durata — cel puțin 1 zi.

Succesiunea inspecțiilor pentru o perioadă de 20 000 km este arătată în fig. I.1.

Ori de cîte ori era necesar și posibil, schimbarea unor elemente mecanice și electrice se efectua la perioade parcurse date, în general multiplu de 20 000 km. După 6—12 cicluri, în funcție de starea materialului, se trecea la revizia generală.

Diferitele operații s-au bucurat, în decursul timpului, de numeroase îmbunătățiri. De asemenea, folosind mijloace tehnice avansate, ce au devenit disponibile în ultimile cîteva decenii atît ca material rulant, cît și ca echipamente de întreținere, s-a constatat că devine posibilă o reducere substanțială a cheltuielilor de întreținere.

O influență favorabilă, în sensul simplificării a numeroase operații de întreținere și a reducerii frecvenței acestora, au avut studiile efectuate asupra ținutei de serviciu a pieselor și organelor, ca și interpretarea statisticilor defecțiunilor și avariilor produse. Rezultatele studiilor asupra datelor experienței acumulate au fost

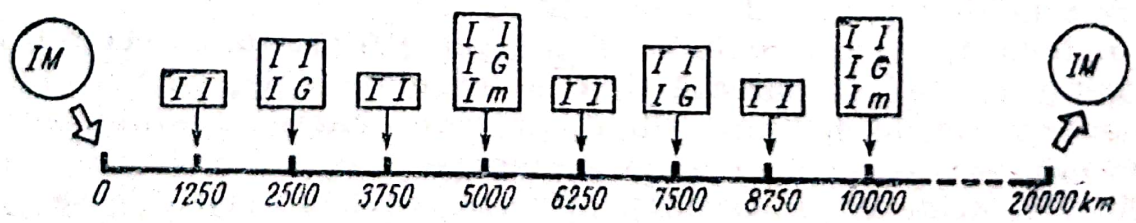


Fig. I.1

verificate prin experimentări speciale. Toate operaţiile prevăzute în diferitele inspecţii au fost supuse unei examinări riguroase, în toate detaliile, de unde a rezultat că unele dintre acestea deveniseră inutile şi deci s-au suprimat, iar pe de altă parte cele ce au rămas au putut fi considerabil rărite. Inspecţia prin demontare a fost înlocuită, ori de cîte ori a fost posibil, prin testare cu echipamente adecvate. S-a beneficiat de măsuri care au uşurat simplificările arătate şi care au constat în :

— folosirea unui sistem etanş de răcire, ceea ce a suprimat necesitatea şi deci operaţia completării zilnice cu lichid de răcire ; în plus, s-au evitat şi depunerile din radiator ;

— adoptarea vaselinelor de calitate superioară, cu folosiri multiple, care a permis simplificarea operaţiilor de gresaj precum şi efectuarea acestora la 10 000 km în loc de 2 500 km ;

— montarea pe autobuze a unui dispozitiv care menţine automat nivelul constant de ulei în carterul motorului, ceea ce a permis înlocuirea operaţiilor de completare zilnică cu intervenţii la cîte două săptămîni ;

— alegerea unui ulei de „lungă durată" atît pentru motor, cît şi pentru cutia de viteze, ceea ce a permis ca schimburile de ulei să se facă la 15 000 km în loc de 5 000 km ; în plus s-a simplificat stocajul ;

— punerea la punct a ajustării automate a uzurii garniturilor de frînă şi utilizarea tamburelor de frînă din fontă aliată cu titan, ceea ce a permis reducerea numărului de operaţii pentru reglajul frînelor şi creşterea duratei de schimbare a garniturilor şi tamburelor.

Pe baza acestor îmbunătăţiri, s-a aplicat un nou ciclu de operaţii de întreţinere. Cu această ocazie, în locul kilometrilor parcurşi s-a introdus criteriul duratei de funcţionare, apreciat ca mai bine adaptat condiţiilor de exploatare actuale şi care permite o precizare riguroasă a secvenţei inspecţiilor în timp şi ca urmare o mai bună folosire a personalului. Noul ciclu de întreţinere preventivă cuprinde 48 săptămîni cu diferite categorii de inspecţii la cîte 2 săptămîni :

— inspecţia A, cu caracter anual, este comparabilă cu vechea inspecţie mare (IM) ;

— inspecţia B, la cîte două luni, a înlocuit vechea inspecţie mică (IM) ;

— inspecţia C, la cîte două săptămîni, în locul inspecţiei intermediare (II) şi a celei de gresaj (IG).

Noile inspecţii şi-au modificat însă şi conţinutul. Astfel :

— inspecţia A cuprinde 40 operaţii şi 45 controluri (care înlocuiesc vechile demontaje de verificare), în locul celor 110 operaţii de IM ;

Scanned with OKEN Scanner

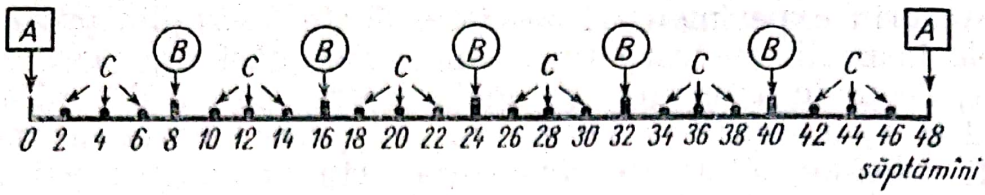


Fig. I.2

— inspecția B cuprinde în medie 30 operații și 40 controluri în locul celor 80 operații de Im.

Repartiția inspecțiilor în noul ciclu se arată în fig. I.2. Noul ciclu a dovedit, în urma a mai mulți ani de aplicare, următoarele avantaje : numărul total al inspecțiilor s-a redus la 24 de la 32 (o singură inspecție A în loc de două IM, cinci B în loc de 6 Im și optsprezece C în loc de 24 II sau IG), în medie, pe autovehicul ; numărul personalului calificat s-a redus cu 20% ; numărul operațiilor corective nu s-a rărit (mai puțin de 0,7 la 10 000 km) ;

— s-a micșorat numărul organelor și pieselor schimbate la termene fixate, unele fiind schimbate doar atunci cînd verificarea lor o pretinde.

Metoda B. Studiile de fiabilitate au fost efectuate mai ales pentru a reduce frecvența schimbărilor preventive de piese.

S-au determinat funcțiunea de supraviețuire, coeficientul de supraviețuire etc. pentru organele și piesele autobuzelor. Cunoscînd funcțiunea de supraviețuire, a devenit posibil să se determine — cunoscînd și costul mediu al reparației unui organ avariat — cheltuielile totale de întreținere în diferite ipoteze, pentru o aceeași perioadă de referință și respectînd probabilitățile de defectare observate real. De asemenea, se poate prevedea sarcina secțiilor de reparații prin determinarea statistică a avariilor, folosind modelul lui Weibull. Un program care folosește parametrii legii lui Weibull, numărul de autobuze intrate, numărul mediu de kilometri parcurși lunar de un autobuz a fost rulat pentru fiecare trimestru viitor, permițînd stabilirea numărului de piese ce vor necesita operații de întreținere.

Pînă la elaborarea studiilor de fiabilitate, întreținerea unor subansambluri mari, cum sînt motorul, cutia de viteze, caroseria etc. se efectuau în funcție de reviziile generale : după un ciclu de 200 000 km, acestea erau reparate chiar dacă mai puteau funcționa corect. Studiile fiabilității lor au permis eliminarea schimbărilor preventive, parcursurile lor actuale fiind peste 300 000 km.

Scanned with OKEN Scanner

Anexa II

Exemplu de instrucţiuni pentru PREMENT la o uzină de tractoare

Formularele folosite sînt de trei tipuri : programul de întreţinerea maşinilor-unelte, care recapitulează instrucţiunile pentru operaţii şi cuprinde un tabel cu periodicitatea lor ; programul de descriere a operaţiilor de întreţinere, care dă indicaţii pentru executarea acestora (cu excepţia ungerii) ; programul de ungere.

Programul recapitulativ al întreţinerii cuprinde detalii asupra sistemului de codificare, lista operaţiilor şi frecvenţa acestora. Programul este completat uneori cu rubrici asupra controlului efectuat, iar alteori aceste rubrici fac obiectul unui formular separat. Codificarea constă în 51 puncte împărţite în cinci grupe :

— punctele de la 1 la 100 privesc operaţiile de curăţire, care sînt efectuate în majoritate chiar de către personalul ce operează maşinile, unele zilnic, altele săptămînal ;

— punctele de la 11 la 15 privesc verificările efectuate, de obicei, de către cei ce comandă maşinile în cursul lucrului lor sau de către lucrători de întreţinere ;

— punctele de la 16 la 40 privesc inspecţiile şi verificările efectuate de către specialişti calificaţi la intervale mai mari ;

— punctele de la 41 la 50 privesc operaţiile de ungere şi de golire a lubrifianţilor şi altor lichide, efectuate fie de către cel ce comandă maşina, fie de către un lucrător specializat ;

— punctul 51 se referă la controlul calităţii maşinii, executat conform cu normele standard sau stabilite de întreprindere.

Fiecare dintre aceste puncte — cu excepţia celor de la 31 la 40 — îşi are numele şi domeniul precizate. Se recomandă constructorului maşinilor să folosească aceleaşi numere în instrucţiile elaborate pentru operaţiile de întreţinere. Cînd unele puncte nu sînt aplicabile, acestea se anulează printr-o linie (de pildă pentru o maşină fără sistem hidraulic se barează numerele 25 şi 47).

Codificarea uşurează folosirea cărţilor maşinilor, deoarece informaţiile despre o piesă anumită a oricărei maşini se găsesc întotdeauna la acelaşi număr (oricare ar fi tipul şi genul maşinii).

Scanned with OKEN Scanner

Program PREMENT recapitulativ

Marca şi tipul maşinii: Strung automat etc.	Nr. de fabricaţie:	Serviciul Nr.:	Maşina Nr.

Cînd şi cine							Nr.	Listă de operaţii de efectuat	Control									
									Săpt.	6	12	18	24	30	36	42	48	2
U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7			U Nr.	4	5	4	6	4	5	4	7	4
								CURĂŢIRE										
×							1	Golirea şpan										
×							2	Curăţire generală zilnică										
	×						3	Glisierele										
×	×						4	Cutia de şpan										
	×						5	Maşina toată										
	×						6	Locul de prelucrare										
	×						7	Cartere, glisiere, şpan										
							8	Sistem răcire										
							9											
							10											
								VERIFICARE										
×		M*					11	Manete, leviere										
		M					12	Sania										
							13	Glisiere, sertare										
×							14	Conuri şi contrapăpuşă										
			M				15	Întindere curele şi lanţ										
								INSPECŢII										
				M			16	Aparate de ungere										
							17	Glisiere, sertare										
		M					18	Sania										
		M					19	Conuri, broşe										
			M				20	Transmisii, cartere, angrenaje										
							.											
							.											
							.											

Fig. II.1

* M — operaţii de anvergură mare executate de către lucrătorii de mentenanţă

Scanned with OKEN Scanner

Program operaţii PREMENT

Marca şi tipul maşinii : Strung automat etc.	Serviciul :	Maşina Nr.

Nr.	Descrierea operaţiilor	Scule şi materiale
1	Golirea cutiei de span Opriţi maşina. Înlăturaţi tot spanul folosind sculele corespunzătoare. Folosiţi mănuşi pentru protecţia mîinilor. Tăiaţi spanul lung	Raclete Aparat de tăiat span Mănuşi
2	Curăţirea zilnică a maşinii Îndepărtaţi cu peria spanul şi murdăria de pe batiul maşinii, portscule, glisiere plane şi transversale	Perie tare
3	Curăţirea glisierelor Curăţaţi axul transversal, barele de comandă avans şi inelele glisierelor cu cîrpă muiată în parafină. Stergeţi cu cîrpa uscată şi ungeţi uşor suprafeţele	Parafină Cîrpe
4	Curăţirea cutiei de span Ridicaţi şi curăţaţi protecţia contra spanului cu o perie şi bumbac. Periaţi fundul şi cutia de span ; ştergeţi-le cu bumbac	Raclete Perie Bumbac
5	Curăţirea generală a maşinii Curăţaţi toată maşina cu peria, apoi cu o cîrpă muiată în parafină şi ştergeţi pînă la uscat cu o cîrpă uscată. Ungeţi uşor suprafeţele portsculelor şi alte părţi nevopsite. Nu uitaţi piesele de sub cartere, ca cremaliera şi pinionul de comandă	Perie Parafină Cîrpe Ulei de tip ...

Fig. II.2.

Lista operaţiilor conţine instrucţiile asupra lucrului efectuat în funcţie de sistemul cifric standardizat.

Lista de intervale dintre inspecţii comportă operaţii de şapte lungimi diferite care sînt codificate de la U_1 la U_7. Intervalul cel mai scurt este, în general, de o zi (o dată pe zi sau după 8 ore de lucru), dar unele maşini pretind verificări mai dese. Constructorul maşinii îşi fixează aceste intervale pe baza încărcărilor medii corespunzătoare unei singure echipe ; beneficiarul maşinii adaptează intervalele în funcţie de operaţiile şi încărcările reale. Intervalele pot fi modificate, ţinînd seama de situaţiile locale şi starea maşinilor (intervale mai reduse dacă reparaţiile sînt cerute din ce în ce mai des).

Scanned with OKEN Scanner

Partea din formular consacrată controlului cuprinde numărul săptămînii în care trebuie să aibă loc operaţia de întreţinere, ca şi informaţia asupra grupului (U_1 la U_7), înscrisă imediat dedesubt. Înregistrările se fac cu ajutorul căsuţelor din dreptul fiecărui punct.

În fig. II.1 se arată un model de formular PREMENT recapitulativ.

Programul operaţiilor cuprinde descrierea acestora. Uneori se include şi lista intervalelor dintre operaţii. Deseori se transcriu şi detalii suplimentare, dar datorită caracterului lor particular, acestea sînt elaborate de beneficiar şi nu de constructor. Pentru descrierea operaţiilor de ungere sînt necesare desene sau fotografii lămuritoare, incluse chiar în program.

În fig. II.2 se arată un model de formular de operaţii PREMENT.

Observaţii. Instrucţiile PREMENT au avantajul că pot fi ataşate la vedere, lîngă produs (cartea acestuia este mai greu de folosit). Exemplul descris aici pentru maşini-unelte a fost folosit, în principiile sale, cu rezultate bune şi în alte cazuri ca : fabrici de ciment şi de hîrtie, nave.

Scanned with OKEN Scanner

Anexa III

Metodă de calcul pentru implicațiile economice ale fiabilității

Creșterea fiabilității unui produs are următoarele implicații asupra cheltuielilor :

— creșterea prețului de cost la constructor și deci și a prețului de vînzare ale produsului ca urmare a cheltuielilor de : cercetare, proiectare, dezvoltare ; fabricație, mai ales atunci cînd se folosesc materiale mai rezistente și tehnologii noi ;

— reducerea cheltuielilor, la utilizator, prin : operații de întreținere-reparații mai puțin frecvente ; micșorarea duratei de imobilizare ; creșterea duratei de utilizare.

Aprecierea cantitativă a eficienței creșterii fiabilității pretinde metode de calcul a căror structură depinde de natura produsului, cît și de posibilitățile de cunoaștere a datelor numeroase necesare întocmirii calculelor. Astfel, este mai dificil de a obține datele constructorului, acestea fiind de altfel dependente de anvergura întreprinderii constructoare, de costurile „inteligenței" (concepție, procedee tehnologice noi, materiale și tratamente speciale etc.), cît și de obținerea acesteia : import (licențe) sau proprie. De aceea, metodele de calcul pot pleca de la prețul de vînzare (cumpărare) a produsului cu fiabilitatea îmbunătățită, preț care de fapt cuprinde datele precedente și este în același timp mărimea inițială (de investiție) față de care se raportează toate cheltuielile de utilizare.

În ceea ce privește natura produsului, aceasta intervine în mod evident în structura metodei de calcul, astfel încît elaborarea unei metode unice este imposibilă. Cu toate acestea, prezentarea unei metode de calcul pentru un anumit produs este interesantă, deoarece aceasta arată substanța și componența specifică ale metodelor ce trebuie întocmite pentru orice alt produs. În continuare se prezintă o metodă de calcul aplicată unui parc de autovehicule de transport urban [39]. Ca urmare, metoda de calcul va trebui să poată stabili

Scanned with OKEN Scanner

implicațiile creșterii fiabilității, cu mărirea prețului de cumpărare a produsului, asupra costului transportului pe întreaga durată de viață a vehiculului.

Pentru a înlesni evaluarea efectelor cheltuielilor individuale, cel totale au fost evaluate separat pentru aprecierea reducerilor datorită creșterii duratei de viață și separat pentru reducerile introduse de alte efecte ale fiabilității crescute. Primele reduceri decurg din creșterea parcursului, prin majorarea duratei de viață și deci a unui transport mai mare. În ipoteza că prețurile de transport pe kilometru sau pe tonă-kilometru rămîn neschimbate, utilizatorului îi cresc beneficiile. Acest rezultat trebuie obținut cu toată creșterea prețului de cumpărare a autovehiculului cu fiabilitate mărită.

În tabelul III.1 s-au listat cheltuielile de transport ale autobuzelor urbane pe întreaga lor durată de viață.

În tabelul III.2 s-au listat cheltuielile de transport pentru autovehiculele cu durată de viață crescută (cu $x\%$) și cu preț de cumpărare crescut (cu $y\%$). Dacă x este suficient de mare, iar y suficient de mic, modificările autovehiculului pentru creșterea fiabilității sînt economic eficiente. Pentru a putea aprecia tocmai această relație dintre x și y, în tabelul III.2 mărimile specifice sînt astfel listate încît să poată fi influențate fie de creșterea prețului autovehiculului, fie de mărirea duratei de viață, fie de amîndoi acești factori. Mărimile modificate sînt identificate prin asterisc. În coloana 4 s-au trecut explicațiile necesare calculului, precum și pentru motivarea modificărilor.

Cheltuielile totale pentru autobuzul cu fiabilitate crescută C_T^x vor fi mai mari decît cele aferente autobuzului original C_T, dar cheltuielile medii specifice, raportate la kilometrul parcurs, C_M^x, vor fi mai reduse. Prin urmare, pentru fiecare kilometru parcurs de către autobuz, utilizatorul cîștigă valoarea $C_M - C_M^x$ care, multiplicată cu numărul de kilometri parcurși K^x (care este mai mare decît cel din cazul autobuzului original, K), reprezintă economia totală E pe durata de viață a autobuzului.

Numărul de kilometri parcurși într-un an rămîne neschimbat pentru ambele cazuri ($K_a^x = K_a$), deoarece varianta de autobuz cu fiabilitate crescută va fi exploatată în cadrul aceluiași program de

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul III.1

Nr.	Mărimea	Simbolul	Unitatea de măsură	Observații
0	1	2	3	4
I	Prețul de cumpărare	P_c	UM	UM = unitate monetară
II	Durata de viață	V	an	
III	Parcursul în durata de viață	K	km	
IV	Numărul de revizii	p	—	Normat $p = 2$
V	Număr de revizii intermediare	q	—	Normat $q = 3$
VI	Parcursul anual	K_a	km/an	$K_a = K : V$
A	*Cheltuieli fixe*			
1	Prețul de cumpărare	P_{cf}	UM	
2	Taxe	T	UM	Reprezintă 6% pe an din valoarea autobuzului. S-a luat o medie anuală de 3%. Deci $T = 0{,}03\ P_cV$
3	Asigurări	A	UM	Cu costul anual A_a rezultă $A = VA_a$
4	Cheltuieli generale	G_f	UM	Includ și cheltuielile administrative, întreținerea clădirilor etc. Notînd cheltuielile generale anuale G_{fa}, rezultă $G_f = VG_{fa}$
B	*Salarii*	S	UM	Cu S_a pentru un an, $S = VS_a$
C	*Cheltuieli variabile*			
1	Combustibil	C_0	UM	
2	Lubrifianți	L	UM	Cu excepția primului set
3	Anvelope, camere	a	UM	
4	Întreținere	I	UM	
5	Reparații curente	R	UM	
6	Revizii generale	r_g	UM	Normat : 2
7	Revizii intermediare	r_i	UM	Normat : 3
	Cheltuieli totale pe durata de viață	C_T	UM	$C_T = P_{cf} + T + A + G_g + S + C_0 + L + a + I + R + r_g + r_i$
	Cheltuieli totale medii (la km parcurs)	C_M	UM	$C_M = C_T : K$

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul III.2

Nr.	Mărimea	Simbolul	Unitatea de măsură	Observații
0	1	2	3	4
I	Prețul de cumpărare	P_c^*	UM	Este crescut cu $y\%$, deci $P_c^* = P_c\left(1+\frac{y}{100}\right)$
II	Durata de viață	V^*	an	Crește cu $x\%$, deci $V^* = V\left(1+\frac{x}{100}\right)$
III	Parcursul în durata de viață	K^*	km	Crește cu $x\%$, deci $K^* = K\left(1+\frac{x}{100}\right)$
IV	Numărul de revizii generale	p	—	$p = 2$ (cel normat)
V	Număr de revizii intermediare	q	—	$q = 3$ (cel normat)
VI	Parcursul anual	K_a^*	km	$K_a^* = K_a = K/V$
A	*Cheltuieli fixe*	P_{cf}^*	UM	Crește cu $y\%$, deci $P_{cf}^* = P_c^* = P_c\left(1+\frac{y}{100}\right)$
1	Prețul de cumpărare			
2	Taxe	T^*	UM	Depind de prețul și durata de viață a vehiculului, deci $T^* = 0{,}03 P_{cf}^* V^*$
3	Asigurări	A^*	UM	Depind de durata de viață, deci $A^* = A\left(1+\frac{x}{100}\right)$
4	Cheltuieli generale	G_f^*	UM	Depind de parcurs, deci $G_f^* = G_f\left(1+\frac{x}{100}\right)$
B	*Salarii*	S^*	UM	Depind de parcurs, deci $S^* = S\left(1+\frac{x}{100}\right)$
C	*Cheltuieli variabile*			
1	Combustibil	C_o^*	UM	Depind de parcurs, deci $C_o^* = C_o\left(1+\frac{x}{100}\right)$

Scanned with OKEN Scanner

BIBL. DOCUMENTARE
UCECOM

Tabelul III.2 (continuare)

0	1	2	3	4
2	Lubrifianți	L^*	UM	Depind de parcurs, deci $L^* = L\left(1+\frac{x}{100}\right)$
3	Anvelope, camere	a^*	UM	Se presupune o creștere a duratei medii și deci și a costului lor, deci $a^* = a\left(1+\frac{y}{100}\right)$
4	Întreținere	I^*	UM	Datorită creșterii duratei de viață a majorității componentelor, intervalele dintre operațiile de întreținere pot fi mărite. Creșterea cu $x\%$ ce depinde de parcurs se raportează numai la o anumită parte a cheltuielilor, în general $n\%$. Deci $I^* = I + I\frac{n}{100}\cdot\frac{x}{100}$
5	Reparații curente	R^*	UM	Intervalele dintre reparațiile componentelor cresc. Cheltuielile de reparație pentru defectări depind de parcurs, crescînd cu $x\%$. Partea din cheltuieli corespunzătoare acestor cauze se notează cu $u\%$ și va crește deci cu $x\%$. Datorită creșterii prețului de cumpărare a autobuzului, vor crește și cheltuielile pentru piese de schimb. Cheltuielile acestea se presupune că sînt $t\%$ din cheltuielile totale de reparații curente. Creșterea cu $y\%$ corespunde numai acestei părți. Prin urmare : $R^* = R + R\frac{u}{100}\cdot\frac{x}{100} + R\frac{t}{100}\cdot\frac{y}{100}$
6	Revizii generale	r_g^*	UM	Pentru motivele precedente, creșterea cheltuielilor va afecta numai o parte a cheltuielilor totale, notată cu $z\%$. Cheltuielile pentru piesele de schimb pentru reviziile generale se ridică la $w\%$ din cele totale. Prin urmare : $r_g^* = r_g + r_g\frac{z}{100}\cdot\frac{x}{100} + r_g\frac{w}{100}\cdot\frac{y}{100}$

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul III.2 (continuare)

0	1	2	3	4
7	Revizii intermediare	r_i^*	UM	În condiții similare celor precedente și datorită faptului că o singură revizie intermediară se ridică la aproximativ 60% din cheltuielile reviziilor generale, urmează că $r_i^* = \frac{0{,}6\ r_g^*}{2} \cdot 3$
	Cheltuielile totale pe durata de viață	C_T^*	UM	$C_T^* = P_{cf}^* + T^* + A^* + G_f^* + S^* + C_o^* + L^* + a^* + I^* + R^* + r_g^* + r_i^*$
	Cheltuieli totale medii (la km parcurs)	C_M^*	UM	$C_M^* = C_T^* : K^*$
	Economia în durata de viață mărită față de autobuzul original	E	UM	$E = (C_M - C_M^*) \cdot K^*$
	Economia precedentă raportată la prețul de cumpărare	e	%	$e = \frac{E}{P_c^*} 100$

parcurs anual ca și varianta originală. Ultima mărime calculată este aceea a economiei totale exprimată în procente din prețul de cumpărare a autobuzului. Această mărime este un indicator prețios pentru compararea unor variante diferite de autobuze îmbunătățite, care au diferite prețuri de cumpărare și care produc economii diferite în transport.

Rezultatele numerice ale metodei de calcul sînt reprezentate în fig. III.1 și III.2, care ilustrează efectul creșterii duratei de viață, rsepectiv al măririi fiabilității (fără creșterea duratei de viață) asupra cheltuielilor de transport ale unui autobuz KAROSA-SM-11 folosit în rețeaua de transport în comun a orașului Praga.

S-au calculat efectele creșterii fiabilității pînă la 30% și ale majorării prețului de cumpărare pînă la 20%, rezultatele fiind expri-

Scanned with OKEN Scanner

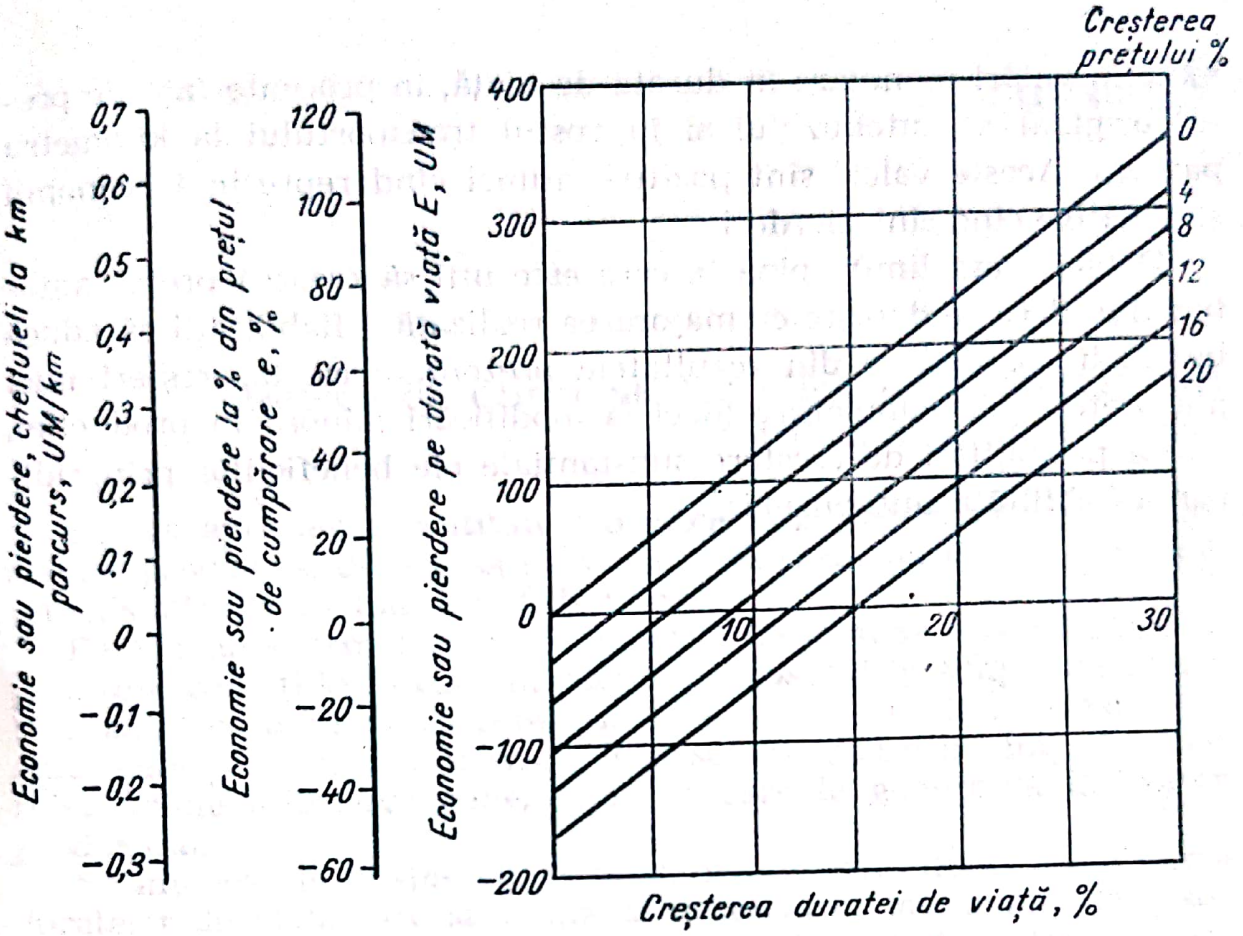


Fig. III.1

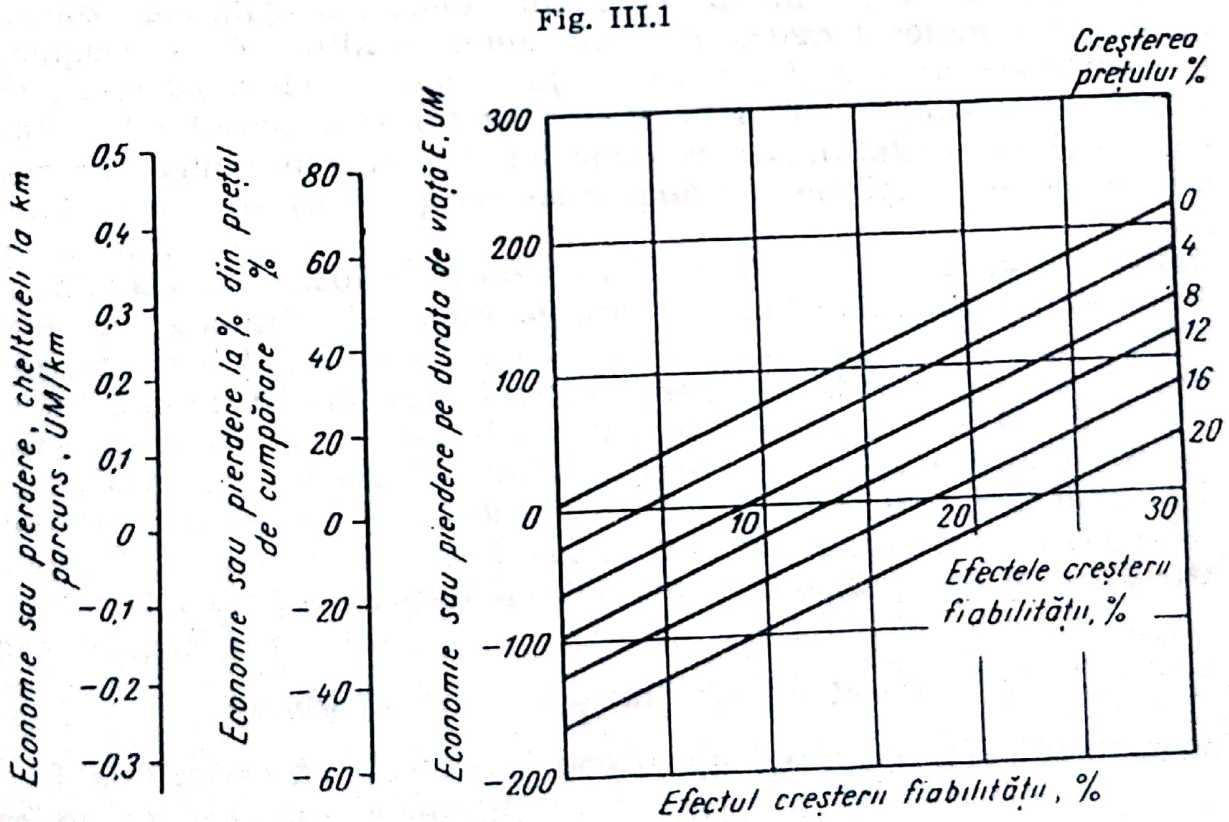


Fig. III.2

Scanned with OKEN Scanner

mate în valori monetare în durata de viață, în procente față de prețul original al autobuzului și în costul transportului la kilometru parcurs. Aceste valori sînt pozitive atunci cînd reprezintă economii și negative cînd sînt pierderi.

Datele arată limita pînă la care este util să crească prețul autobuzului, dacă se dorește ca majorarea realizată a fiabilității să aducă beneficii. Se deduce din rezultatele prezentate că, la creșteri mici ale prețului de cumpărare (deci la modificări minore în producție), există posibilități de creștere substanțiale ale beneficiilor prin ridicarea fiabilității autobuzelor.

Scanned with OKEN Scanner

Anexa IV

Metodă de calcul pentru eficienţa economică de utilizare a unui produs

Pentru aprecierea cantitativă a eficienţei economice de utilizare a unui produs pe durata sa de viaţă, indiferent de natura acestuia, nu există încă o metodă unică de calcul.

Pentru un sistem terotehnic, o astfel de metodă este chemată să precizeze condiţiile în care utilizarea produsului în timp este rentabilă, adică se produce cu beneficii — şi nu cu pierderi. Acest deziderat cere ca utilizarea produsului să se desfăşoare în timp cu cheltuieli totale inferioare beneficiilor pe care le generează utilizarea produsului.

Se înţelege de la sine că, în fond, aceasta se reduce la stabilirea duratelor de viaţă care să realizeze deziderатul menţionat. De asemenea, acurateţa calculelor numerice depinzînd de datele despre comportarea în utilizare, numai într-un sistem terotehnic organizat se poate trece de la consideraţii teoretice, bazate pe coeficienţi şi valori din teren, la rezultate practic valabile. În plus, într-un sistem terotehnic, devine posibilă aprecierea cantitativă reală a cheltuielilor de întreţinere, parte însemnată a cheltuielilor totale cerute de produs.

Metoda de calcul va trebui să înlesnească determinarea următoarelor : condiţia de supravieţuire a produsului ; durata de viaţă optimă ; beneficiul ; influenţele cheltuielilor de întreţinere asupra beneficiului ; diferite relaţii dintre beneficii, cheltuielile de întreţinere, preţul de cumpărare al produsului, evoluţia costurilor etc.

În cadrul unei metode unitare, este necesar totuşi să se considere în mod separat cazul produselor la care nu se prevăd defectări, „căderi“ în funcţionare, de cazul în care defectările sînt previzibile.

Astfel, condiţia generală a calculului economic poate fi exprimată prin inegalitatea :

$$\textit{Veniturile} \geq \textit{Cheltuielile de funcţionare.} \qquad (1)$$

Luînd în considerare cazul produsului fără defectări, se definesc cei doi membri ai inegalităţii.

Scanned with OKEN Scanner

Prin noţiunea de *venituri* se înţeleg resursele necesare înlocuirii produsului uzat după o anumită durată de viaţă a acestuia. Aceste resurse se realizează în mod normal din valorile create în funcţionarea produsului. Valoarea veniturilor în cauză trebuie deci să acopere cheltuielile normale cerute de funcţionarea produsului, precum şi o cotă de beneficii care permite realizarea resurselor. Prin urmare, în componenţa veniturilor se înscriu :

Venituri = Cheltuieli normale de funcţionare + Cota de beneficiu.

Cheltuielile normale de funcţionare (întreţinere, consumuri etc.) pot fi sintetizate printr-o relaţie care exprimă creşterea lor cu timpul t, prin intermediul unui cost specific K_n al funcţionării normale :

$$K_n t, \tag{2}$$

în care : t este exprimat în unităţi corespunzătoare de timp iar K_n — în unităţi monetare raportate la unitatea de timp.

Cota de beneficiu se poate aprecia ca o fracţiune a cheltuielilor normale precedente, prin intermediul unui coeficient de beneficiu C_b :

$$C_b (K_n t), \tag{3}$$

Rezultă pentru venituri (resurse) expresia

$$K_n t + C_b K_n t = K_n t (1 + C_b). \tag{4}$$

Cheltuielile de funcţionare au componenţa următoare :

— valoarea investiţiei iniţiale, respectiv preţul iniţial de achiziţionare a produsului P_i ;

— cheltuielile normale de funcţionare, conform relaţiei (2), deci $K_n t$;

— cheltuielile de punere în funcţiune a produsului, k, cînd este cazul ;

— costul investiţiei necesare înlocuirii produsului uzat cu altul nou, al cărui preţ s-a modificat în timp după fluctuaţiile pieţei.

$$P_i + K_v P_i t, \tag{5}$$

unde K_v este cuantumul variaţiei în timp a preţului. Înlocuirea produsului poate avea loc la finele unei durate de funcţionare prin uzarea normală (cazul presupus mai înainte), fără căderi, sau în cazul dublării iniţiale a produsului pentru funcţionare alternată şi deci fără căderi.

Scanned with OKEN Scanner

Prin urmare, cheltuielile de funcţionare sînt :

$$P_i + K_n t + k + P_i + K_v P_i t. \tag{6}$$

Inegalitatea (1) devine :

$$K_n t\,(1+C_b) \geqslant P_i(2+K_v t) + \\ + K_n t + k. \tag{7}$$

De cele mai multe ori cheltuielile de punere în funcţionare sînt valoric neglijabile, $k=0$ şi deci :

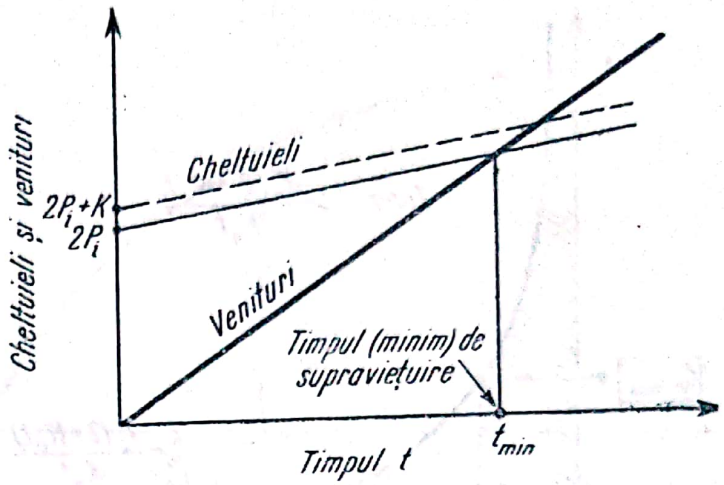


Fig. IV.1

$$K_n t\,(1+C_b) \geqslant P_i\,(2+K_v t) + K_n t, \tag{8}$$

relaţie care poartă numele de „condiţie de supravieţuire“ a produsului (reprezentată grafic în fig. IV.1). Durata de funcţionare se deduce din relaţia (8) şi are expresia :

$$t \geqslant \frac{2P_i}{K_n C_b - P_i K_v}. \tag{9}$$

Relaţia precedentă este valabilă numai cu condiţia evidentă $K_n C_b - P_i K_v > 0$, de unde se deduce cota beneficiului :

$$C_b > P_i \frac{K_v}{K_n}. \tag{10}$$

Cota beneficiului, pe de o parte, nu poate fi oricît de mare şi nu este, pe de altă parte, admisibil să fie prea mică, deci

$$C_{b\,min} \leqslant C_b \leqslant C_{b\,max}, \tag{11}$$

Din relaţia (10) reiese, cum de altfel era de aşteptat, că beneficii substanţiale pot fi obţinute atunci cînd cheltuielile întreţinerii sînt reduse (ceea ce micşorează valoarea K_n).

Din relaţia (8) rezultă şi cota beneficiului

$$C_b \geqslant \frac{P_i(2+K_v t)}{K_n t}. \tag{12}$$

Considerînd semnul egalităţii, relaţia (12) reprezintă iperbola echilateră reprezentată în fig. IV.2. Diagrama rezultată defineşte domeniul de supravieţuire ca fiind zona superioară iperbolei în care condiţia de inegalitate (12) este realizată de orice pereche de va-

Scanned with OKEN Scanner

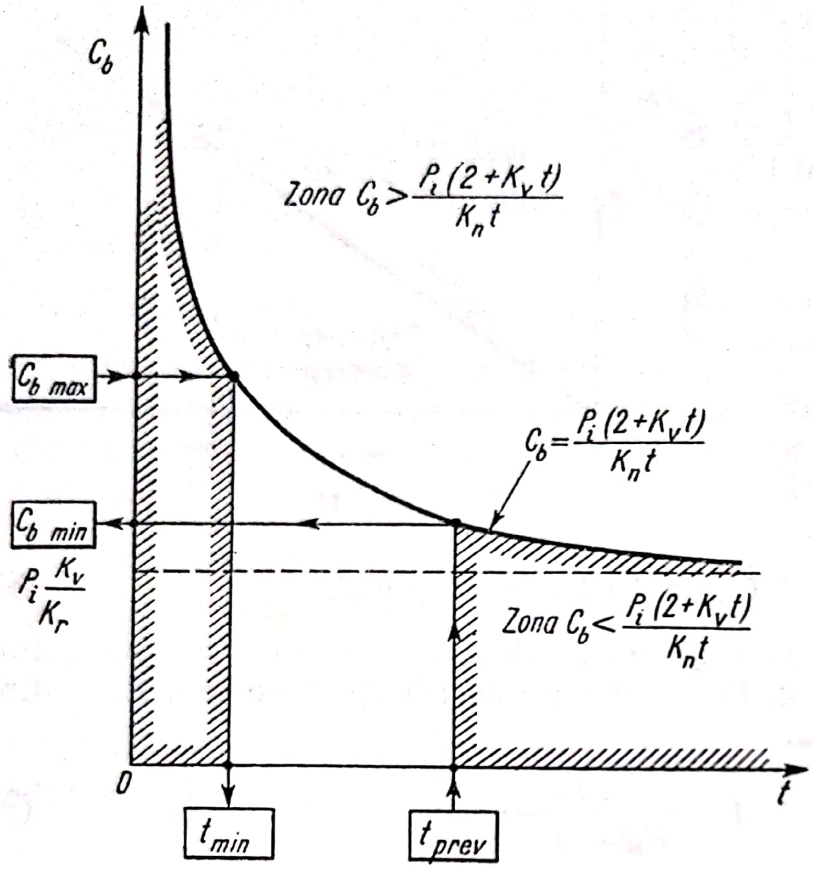


Fig. IV.2

lori (C_b, t), precum și domeniul de sub iperbolă în care condiția (12) nu este îndeplinită.

Se observă că, evaluînd o valoare pentru beneficiul maxim posibil, $C_{b\ max}$ se poate obține cu aceasta, din diagramă, valoarea corespunzătoare a duratei de viață minimă necesară, t_{min}. De asemenea, intrînd în diagramă cu valoarea previzionată a duratei de viață, t_{prev}, se poate determina valoarea minimă necesară a cotei de beneficiu, $C_{b\ min}$.

În concluzie, pentru cazul luat în considerare (produs fără defectări — căderi — în durata de viață) relațiile precedente, ilustrate de fig. IV.2, dau posibilitatea de a evalua cota de beneficiu necesară pentru constituirea resurselor necesare înlocuirii produsului uzat după o anumită durată de viață a acestuia.

Luînd acum în considerare cazul unui produs în care defectările sînt inerente, va trebui ca, în componența cheltuielilor totale de funcționare să fie înscrise și acelea aferente repunerii în stare de funcționare a produsului și anume : cheltuielile de reparație R ; cheltuielile (pierderile) prin întreruperea funcționării, I.

Aceste cheltuieli trebuie comensurate față de probabilitatea de defectare a produsului. Presupunînd că aceasta poate accepta un model parabolic (fig. IV.3)

$$t^2 = x\ p, \tag{13}$$

în care t este timpul, x — parametrul parabolei, p — probabilitatea de defectare, și că, în mod impus, la probabilitatea de defectare de

$$p_{0,5} = \frac{1}{2}$$

Scanned with OKEN Scanner

timpul de funcționare are o valoare $t_{0,5}$, atunci parametrul parabolei acceptată drept model al probabilității de defectare este

$$x = 2\,t_{0,5}^2.$$

Deci relația (13) care descrie modelul devine :

$$t^2 = 2\,t_{0,5}^2\,p, \quad (14)$$

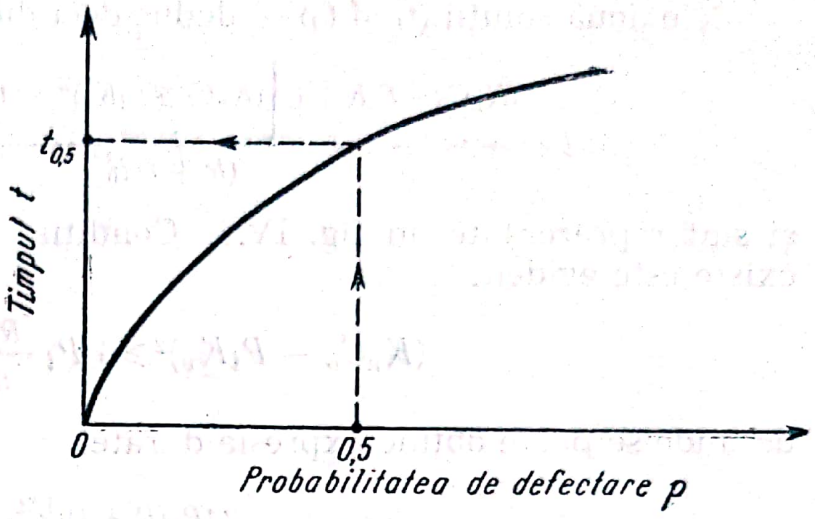


Fig. IV.3

de unde probabilitatea de defectare

$$p = \frac{t^2}{2\,t_{0,5}^2}. \quad (15)$$

Prin urmare, cheltuielile $R+I$ fiind comensurate prin probabilitatea de defectare, contribuția lor în cadrul cheltuielilor totale are expresia

$$D = (R+I)\,p = (R+I)\,\frac{t^2}{2\,t_{0,5}^2}. \quad (16)$$

Inegalitatea (1), care exprimă condiția generală ca veniturile să depășească cheltuielile în vederea constituirii resurselor de înlocuire, se scrie, folosind relațiile (7) și (16), în forma :

$$K_n t\,(1+C_b) \geqslant P_i\,(2+K_v t) + K_n t + k + (R+I)\,\frac{t^2}{2\,t_{0,5}^2}, \quad (17)$$

care, după simplificări și considerînd $k=0$, devine

$$2\,P_i + (P_i K_v - K_n C_b)\,t + (R+I)\,\frac{t^2}{2\,t_{0,5}^2} \leqslant 0 \quad (18)$$

Domeniul de supraviețuire se găsește între cele două soluții (rădăcini) ale lui t din relația precedentă în cazul :

$$2\,P_i + (P_i K_v - K_n C_b)\,t + (R+I)\,\frac{t^2}{2\,t_{0,5}^2} = 0 \quad (19)$$

Scanned with OKEN Scanner

Cele două soluții (t_1 și t_2) se deduc deci din

$$t = \frac{(K_n C_b - P_i K_v) \pm \left[(K_n C_b - P_i K_v)^2 - 4\, P_i \dfrac{R+I}{t_{0,5}^2}\right]^{1/2}}{(R+I)/t_{0,5}^2} \tag{20}$$

și sînt reprezentate în fig. IV.4. Condiția ca cele două soluții să existe este evident

$$(K_n C_b - P_i K_v)^2 \geqslant 4\, P_i \frac{R+I}{t_{0,5}^2},$$

de unde se poate obține expresia duratei

$$t_{0,5} \leqslant \frac{2\,[P_i (R+I)]^{1/2}}{K_n C_b - P_i K_v} \tag{21}$$

valoare care, fiind în mod obligatoriu pozitivă, duce la

$$K_n C_b - P_i K_v \geqslant 0,$$

sau

$$P_i \leqslant \frac{K_n}{K_v} C_b, \tag{22}$$

sau

$$C_b \geqslant P_i \frac{K_v}{K_n},$$

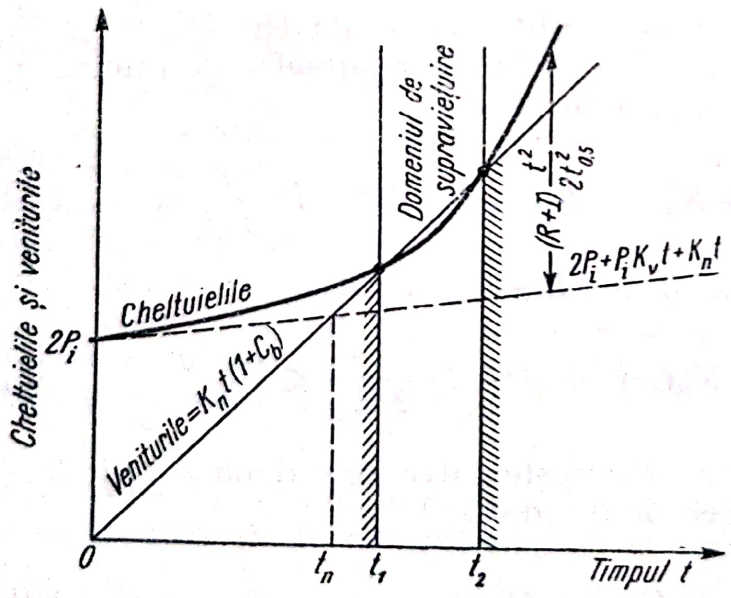


Fig. IV.4

care reprezintă condiția de investiție stabilită anterior, relația (10).

Din condiția de supraviețuire, relația (18), se deduce cota beneficiului

$$C_b \geqslant \frac{2\,P_i}{K_n t} + \frac{K_v}{K_n} P_i + (R+I) \frac{t}{2\, t_{0,5}^2 K_n}, \tag{23}$$

cu care se construiește fig. IV.5 necesară pentru stabilirea duratei minime necesare, t_{min}, realizării resurselor de înlocuire și

care corespunde cotei maxime de beneficiu evaluat, $C_{b\ max}$. Aceleaşi valori $C_{b\ max}$ îi corespunde şi durata maximă admisibilă de funcţionare, $t_{max\ adm}$.

Valoarea duratei care corespunde cotei de beneficii minime, $C_{b\ min}$, necesare pentru supravieţuire se deduce anulînd derivata în raport cu t a relaţiei (23);

$$t_{C_{b\ min}} = 2\,t_{0,5}\,[P_i/(R+I)]^{1/2}. \qquad (24)$$

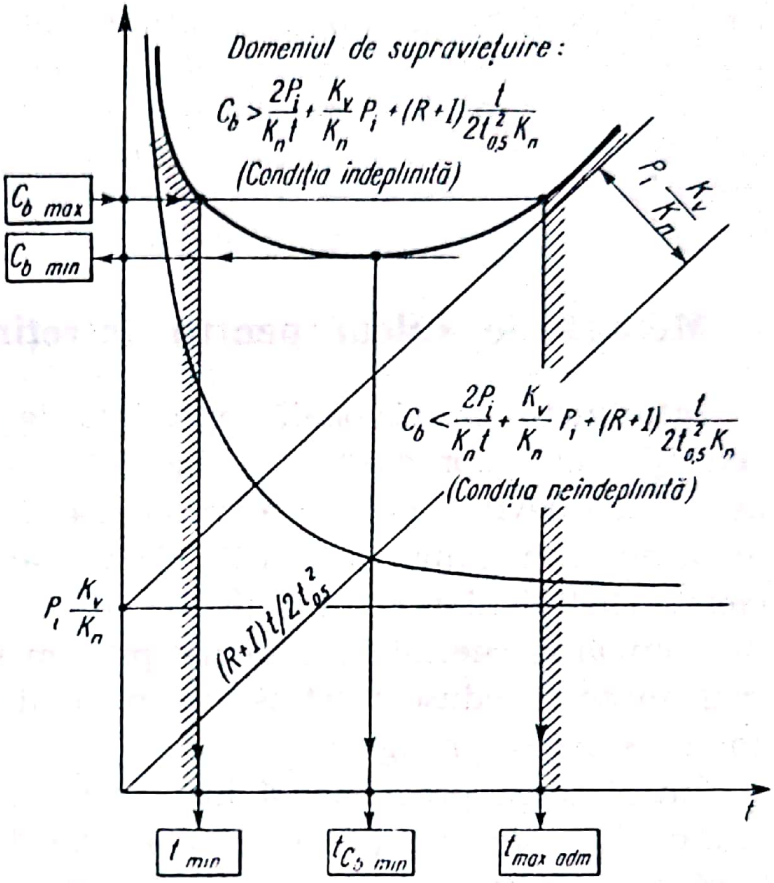
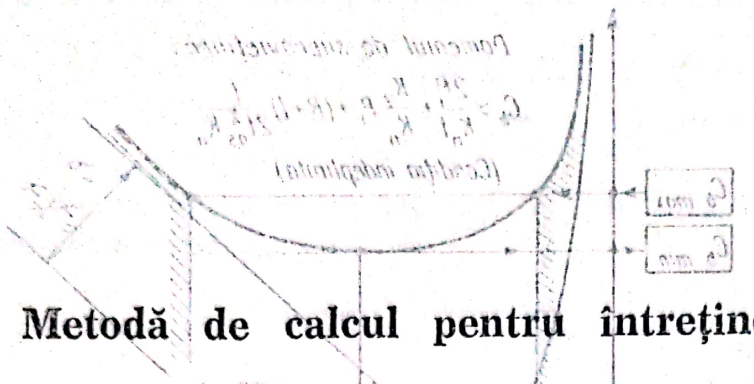


Fig. IV.5

Cum această durată depinde de durata $t_{0,5}$ ca şi de cheltuielile de întreţinere $(R+I)$, se în înţelege că $t_{0,5}$ trebuie evaluat cît se poate de precis, iar cheltuielile de întreţinere trebuie studiate cu cea mai mare atenţie — condiţii care se pot îndeplini doar într-un sistem terotehnic bine organizat.

Scanned with OKEN Scanner



Metodă de calcul pentru întreţinerea previzională

Întreţinerea previzională reprezintă de fapt mijlocul prin care la achiziţia unui „produs" nou (uzină, instalaţie, maşină, echipament etc.) devine posibilă aprecierea cheltuielilor pe care produsul le va necesita timpul utilizării sale viitoare. Făcîndu-se astfel aprecierea cheltuielilor de întreţinere viitoare, devine deci posibilă şi determinarea cheltuielilor totale, precum şi compararea între ele a mai multor produse ofertate, din punctul de vedere al cheltuielilor totale ce se pot prefigura.

Întreţinerea previzională nu constă numai în ante-calcularea cheltuielilor de întreţinere, ci şi în detalierea operaţiilor acesteia, fără de care, firește, calculul nu poate fi realizat. Prin urmare, utilizatorul obţine şi cunoştinţele despre utilizarea produsului.

Interesul pentru întreţinerea previzională este deci general. Opinia generală este că, în aceste cazuri, ar trebui achiziţionate produsele cele mai bine adaptate condiţiilor locale. Devine deci indispensabilă înţelegerea atît a structurii constructiv-funcţionale a acestora, cît şi a întreţinerii lor, adică a modificărilor materiale pe care le vor suferi şi care vor necesita, mai devreme sau mai tîrziu, înlocuirea sau repararea. Întreţinerea precizională poate stabili şi stocurile optime de piese de schimb, ca şi implementarea unor procedee tehnologice adecvate de reparaţii.

Strategia achiziţiei, pe care întreţinerea previzională o stabileşte, conţine determinarea cheltuielilor totale — investiţie şi întreţinere — şi a beneficiilor de aşteptat în urma achiziţiei, cu ţinerea în seamă şi a conjuncturii economice (inflaţie, concurenţă etc.).

Precalcularea cheltuielilor de întreţinere pretinde disponibilitatea unor date de încredere pentru produse similare, ca şi siguranţa asupra unor extrapolări necesare.

Scanned with OKEN Scanner

Desigur că natura produsului ce urmează a fi achiziționat acordă calculului previzional al întreținerii structura sa proprie. Cu toate acestea, examinarea unui caz particular este interesantă, deoarece în linii mari calculele sînt exemplu pentru majoritatea produselor. În continuare se arată un exemplu din domeniul autovehiculelor [7], [13]. Pentru fiecare tip de autovehicul ce se oferă pentru achiziționare se întocmesc calculele ce în continuare sînt redate pentru un tip dintre cele analizate.

În principiu, calculele trebuie să cuprindă cheltuielile previzionate pentru întreaga durată de viață a autovehiculelor.

Date generale de utilizare :

Parcursul medic anual, 27 000 km

Durata pînă la casare, 12 ani

Parcursul total în durata de viață, 320 000 km

Cheltuieli de funcționare pe vehicul și an :

Combustibilul, 85 UM (unități monetare)

Anvelope, 316 UM

Service 71 UM

Total 472 UM

Cheltuieli generale, 210 UM/vehicul

Manopera, 2,2 UM/om-oră

Costul reparațiilor mici (schimbări): 0,2 UM/om-oră

Factorul de corecție pentru manoperă, 0,152

Valoarea reziduală, 200 UM/vehicul

Date de la ofertant :

Numărul de autovehicule posibil de achiziționat, 240

Rata livrării, 10 vehicule/lunar

Prețul de cumpărare, 5 000 UM/vehicul

Datele pentru duratele și costurile componentelor și părților sînt arătate în tabelul V.1 (867,5 UM)

Datele pentru fiabilitate sînt arătate în tabelul V.2

Stabilirea datelor asupra defecțiunilor medii :

Datele din tabelul precedent sînt valabile pentru un lot de 10 vehicule care au parcurs un total de 1 280 000 km.

Numărul total de defectări ale parcului de 240 autovehicule se determină pentru parcursul fiecărui autovehicul de 320 000 km cu relația :

Nr. total defecțiuni (240·320 000/1 280 000)·nr. de defecțiuni în lot=60·nr de defecțiuni în lot.

Scanned with OKEN Scanner

Datele pentru reparațiile de întreținere :

Se știe că duratele specifice pentru toate reparațiile de întreținere reprezintă :

43,7 oameni—ore/vehicul, an

Tabelul V.3 arată duratele (în oameni-ore) pentru reparațiile de întreținere planificate. Se observă că durata medie planificată pe vehicul și an devine

$(93 \cdot 1{,}152)\ 12 = 8{,}9$ oameni-ore.

astfel încît durata reparațiilor neplanificate/vehicul și an este

$43{,}7 - 8{,}9 = 32{,}8$ oameni-ore.

Prin urmare, folosirea unor componente minore pe vehicul și an costă

$43{,}7 \cdot 0{,}20 = 8{,}74$ UM/vehicul, an.

Aceste cheltuieli împreună cu costul pieselor de schimb uzate și deci schimbate sînt totalizate în tabelul V.4. Din acest tabel rezultă :

— cheltuielile totale cu piesele de schimb = 409 920 UM ;

— cheltuielile anuale cu piesele de schimb = 34 160 UM ,

deci valoarea de 34 160 UM corespunde unei cerințe inițiale de piese de schimb în fiecare an.

Mai trebuie achiziționat un lot de reparații (L_R) pentru a asigura părțile principale, care va fi dat pentru întreținerea din ultimii trei ani ai duratei de viață a parcului de vehicule și care este compus din : motor, cutie de viteze principală și auxiliară, puntea din față și puntea din spate. Numărul de componente și ansambluri N din L_R se determină cu relația

$$N = X + X^{1/2},$$

în care $X = a\ b\ c\ d$,

unde : $a = \dfrac{\textit{nr. vehicule care se furnizează}}{\textit{durata de viață, în ani, pînă la casare} = 2}$

$b =$ durata de revizii a ansamblurilor, în ani

$c =$ numărul ansamblurilor/vehicule

$d = \dfrac{\textit{parcursul mediu total, km}}{\textit{durata de viață, în km, previzionată pentru ansamblu}}$

Valoarea L_R este determinată în tabelul V.5 și reprezintă 19 350 UM/an pentru a corespunde cerințelor L_R.

În general, pentru vehiculele autohtone L_R se calculează cu X și pentru cele din străinătate cu $X + (X)^{1/2}$. În tabel s-au considerat

Scanned with OKEN Scanner

40 vehicule/an într-o perioadă de 2 ani în țară și 80 vehicule/an pe o perioadă de 2 ani în străinătate. Ca urmare, s-a calculat cu :

$$a = \frac{40}{12-2} = 4 \text{ pentru în țară}$$

$$a_1 = \frac{80}{12-2} = 8 \text{ pentru străinătate.}$$

De asemenea, s-a folosit : $b = 0{,}5$ ani.

S-au folosit notațiile X și X' pentru a distinge vehiculele din țară de cele din străinătate.

Prin urmare, valoarea totală a pieselor de schimb necesare a fi achiziționate în primul și al doilea an de viață a parcului de autovehicule este

$$34\,160 + 19\,350 = 53\,510 \text{ UM.}$$

În tabelul V.4 se dau detaliile pentru fiecare an asupra cuantumului de oameni—ore cerut de întreținerea planificată. Prin urmare:

Cheltuielile anuale pentru întreținerea planificată = Durata, în oameni-ore, a acestora · 1,152 · 2,2 [UM]

Cheltuielile aproximative medii pentru întreținerea neplanificată = 34,8 · 2,2 = 76,56 UM/vehicul, an.

În fine, în fig. V.1 se ilustrează, în funcție de durata de viață în ani, totalul de oameni-ore cerut de întreținere.

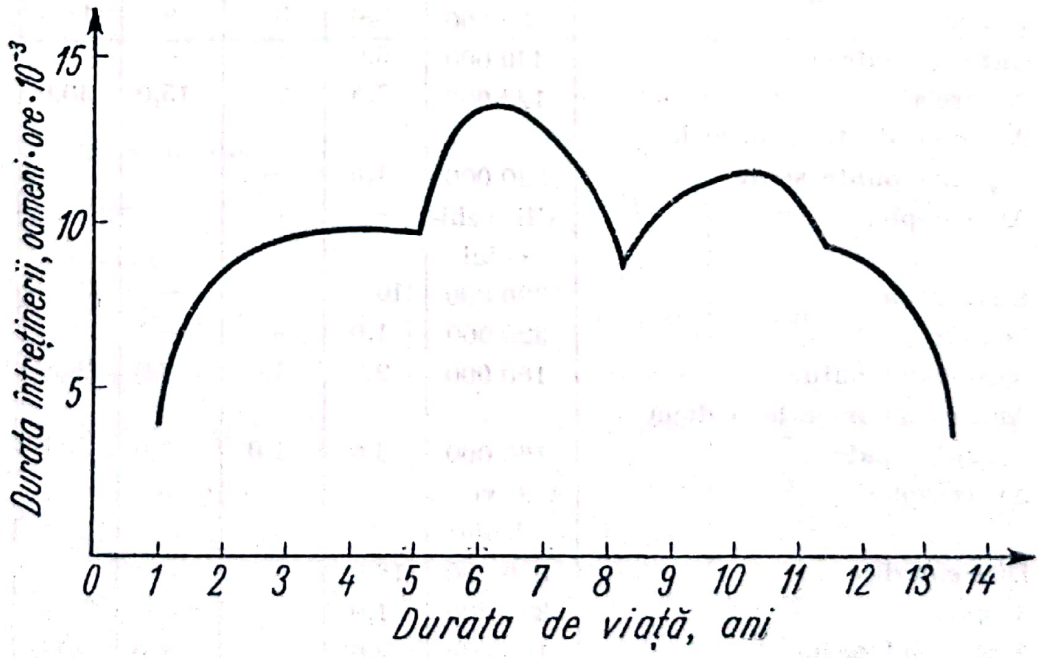


Fig. V.1

Tabelul V.1

Nr. crt.	Componentă sau parte	Durata km	Total manoperă pentru operație ore-om/ /operație	Total manoperă pentru 320 000 km ore-om	Numărul schimbări pentru 320000 km	Costul pieselor de schimb UM/ buc	Cheltuielile totale pentru 320 000 km UM
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Motor	480 000	30,0	—	—		
2	Filtrul de ulei	9 600	0,5	33	16,5		
3	Filtrul de aer	9 600	0,5	33	16,5		
4	Pompă apă	160 000	2,0	1	2,0	8,0	8,0
5	Curele ventilator	80 000	1,5	3	4,5	2,5	7,5
6	Pompă de injecție	160 000	2,0	1	2,0	40,0	40,0
7	Injectoare	40 000	2,0	7	14,0	20,0	140,0
8	Filtrul de combustibil	19 000	0,5	16	8,0		
9	Compresor aer	80 000	3,0	3	9,0	30,0	90,0
10	Pompă hidraulică	160 000	1,5	1	1,5	10,0	10,0
11	Rezervor hidraulic	Cît vehiculul	—	—	—		
12	Alternator	160 000	1,5	1	1,5	15,0	15,0
13	Starter	160 000	1,0	1	1,0	25,0	25,0
14	Radiator	480 000	3,0	—	—		
15	Evacuare	80 000	3,0	3	9,0	18,0	54,0
16	Cutie de viteze	480 000	6,0	—	—		
17	Ambreiaj	128 000	7,5	2	15,0	30,0	60,0
18	Arborele de transmisie la prima punte spate	320 000	1,5	—	—		
19	Ax complet	Cît vehiculul	—	—	—	—	
20	Diferențial	320 000	16	—	—		
21	Semiax	320 000	1,0	—	—		
22	Ansamblul butuc	160 000	2,0	1,0	2,0	20,0	20,0
23	Ansamblul frîne la a doua punte spate	160 000	3,0	1,0	3,0	50,0	50,0
24	Ax complet	Cît vehiculul	—	—	—		
25	Diferențial	320 000	16,0	—	—		
. .	Semiax	320 000	1,0	—	—		
: '	Ansamblul butuc	160 000	2,0	1,0	1,0	20,0	20,0
28	Ansamblul frîne	160 000	3,0	1,0	3,0	50,0	50,0

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul V.1 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8
29	Suspensia spate						
	Puntea față	320 000	6,0	—	—		
30	Ax complet	Cît vehi-culul					
31	Ansamblul butuc	160 000	1,0	1	1,0	18,0	18,0
32	Ansamblul frîne	112 000	3,0	2	6,0	45,0	90,0
33	Suspensia față	160 000	4,0	1	4,0	50,0	50,0
34	Caseta de direcție	240 000	8,0	1	8,0	20,0	20,0
35	Mecanismul de direcție	160 000	2,0	1	2,0	10,0	10,0
36	Filtru de combustibil	19 000	0,5	16	8,0		
37	Bateriile	3 ani	0,5	3	1,5	30,0	90,0
		Total			133,0		867,5

Tabelul V.2

Seria Nr.	Componenta sau partea	Nr. de defecțiuni	Durata medie de viață a părții defectate	Piesă de schimb/ componentă (cost bucată)	Defecțiuni pe durata de viață a parcului de 240 vehicule	Cheltuielile totale ale parcului UM
1	Motor	3	110 600	600	180	108 000
2	Pompa de apă	4	48 600	8	240	1 920
3	Compresor	2	32 000	30	120	3 600
4	Alternator	5	37 600	16	300	4 500
5	Cutie de viteze	1	80 000	300	60	18 000
6	Ambreiaj	4	40 000	30	240	7 200
7	Arbore transmisie	5	57 600	25	300	7 500
8	Arcuri spate	4	117 500	55	240	13 200
9	Ansamblul butuc	3	94 300	20	180	3 600
10	Punte față	6	77 200	25	360	9 000
				Total		176 520
				Media cheltuielilor/an		14 710

Componenta	1	2	3	4	5
Pompa de apă					
Pompa de injecţie					
Injectoare		20,00	20,00		20,00
Compresor			30,00		
Pompă hidraulică					
Alternator					
Starter					
Placa de presiune ambreiaj					
Butuc spate					18,00
Frînă spate					
Butuc faţă					
Frînă faţă					20,00
Amortizoare					
Curele ventilator			2,50		
Instalaţie evacuare			18,00		
Disc ambreiaj					12,00
Tambur frînă spate					
Tambur frînă faţă					25,00
Arcuri faţă					
Mecanism direcţie					
Baterii			30,00		
Total vehicul cumpărat anul 1		20,00	100,50		95,00
Idem, anul 2			20,00	100,50	
Total/2 vehicule, an		20,00	120,5	100,50	95,00
Total/240 vehicule		2,40	14,46	12,06	11,40
Piese de schimb neplanificate	7,36	14,71	14,71	14,71	14,71
Piese de schimbă mărunte	1,05	2,10	2,10	2,10	2,10
Total piese de schimb	8,41	19,21	31,27	28,87	28,21
Combustibil	10,20	20,40	20,40	20,40	20,40
Anvelope	37,92	75,84	75,84	75,84	75,84
Service	8,52	17,04	17,04	17,04	17,04
Investiţie	600,00	600,00			
Cheltuieli generale	25,20	25,20			
Valoarea reziduală					
Reparaţii la uzură		0,61	3,64	3,95	3,80
Reparaţii neplanificate	9,19	18,38	18,38	18,38	18,38
Costul pieselor de schimb	62,87	70,77	13,90	31,27	32,92
Cheltuieli totale, UM	753,90	828,24	149,20	166,88	175,38
Cheltuieli totale cumulate, UM	753,90	1 582,14	1 731,34	1 898,22	2 073,60

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul V.4

Anul								Totaluri
6	7	8	9	10	11	12	12	
8,00								
40,00								
20,00		20,00	20,00		20,00			
30,00			30,00					
10,00								
15,00								
25,00								
				18,00				
40,00								
40,00								
18,00								
15,00								
2,50			2,50					
18,00			18,00					
				12,00				
60,00								
			25,00					
35,00								
10,00								
30,00			30,00					
416,50		20,00	165,50	30,00	20,00			
95,00	416,5		20,00	165,5	30,00	20,00		
511,50	416,50	20,00	185,50	195,5	50,00	20,00		
61,38	49,98	2,40	22,26	23,46	6,00	2,40		
14,71	14,71	14,71	14,71	14,71	14,71	14,71	7,35	Totale
2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	1,05	
78,19	66,79	19,21	39,07	40,27	22,81	19,21	8,40	409,92
20,40	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40	20,40	10,20	244,80
75,84	75,84	75,84	75,84	75,84	75,84	75,84	37,92	910,08
17,04	17,04	17,04	17,04	17,04	17,04	17,04	8,52	204,48
								1 200,00
								50,40
						−24,00	−24,00	−48,00
14,54	10,65	0,61	6,98	8,67	2,89	0,61		56,95
18,38	18,38	18,38	18,38	18,38	18,38	18,38	9,19	220,56
98,65	85,25	29,34	52,68	46,51	17,29	10,80	3,42	562,67
244,85	227,56	161,61	191,32	186,84	151,84	119,07	45,25	3 401,94
2 318,45	2 546,01	2 707,62	2 898,94	3 085,62	3 237,62	3 356,69	3 401,94	3 401,94

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 5.3

Ansambluri	Anul de utilizare													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total
Pompa de apă						2,0								2,0
Curele ventilator			1,5			1,5			1,5					4,5
Pompa injecție						2,0								2,0
Injectoare		2,0	2,0		2,0	2,0		2,0	2,0					14,0
Compresor			3,0			3,0			3,0		2,0			9,0
Pompa hidraulică						1,5								1,5
Alternator						1,5								1,5
Starter						1,0								1,0
Sistem evacuare			3,0			3,0			3,0					9,0
Ambreiaj					8,0					8,0				16,0
Butuc spate						4,0								4,0
Frîne spate						6,0								6,0
Butuc față						1,0								1,0
Frînă spate				3,0					3,0					6,0
Suspensie față						4,0								4,0
Casetă direcție									8,0					8,0
Mecanism direcție						2,0								2,0
Baterii			0,5			0,5			0,5					1,5
Total/vehicul cumpărat anul 1		2,0	10,0	3,0	10,0	35,0		2,0	21,0	8,0	2,0			93,0
Total/vehicul cumpărat anul 2			2,0	10,0	3,0	10,0	35,0		2,0	21,0	8,0	2,0		93
Total/2 vehicule, an		2,0	12,0	13,0	13,0	45,0	35,0	2,0	23,0	29,0	10,0	2,0		186
Total pentru 240 vehicule		240	1 440	1 560	1 560	5 400	4 200	240	2 760	3 480	1 200	240		22 320

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul V.5

Ansamblul	c	d	$X=2cd$	$X'=4cd$	$(X')^{1/2}$	$L_R = X + X' + (X')^{1/2}$	Costul ansamblului nou UM	Costul L_R UM
Motor	1	2/3	2	2,67	1,634	6	900	5 400
Cutie de viteze	1	2/3	2	2,67	1,634	6	450	2 700
Punte față	1	2	4	8	2,828	15	250	3 750
Punte spate	2	1	4	8	2,828	15	050	7 500
							Total	19 350

Cuprinsul

Prefața 3

Capitolul I. **Activitățile cuprinse în fabricație și utilizare** 5

Fluxul activităților 5
Examinarea relațiilor fluxului
Terotehnica — o nouă știință interdisciplinară 6

Capitolul II. **Sistemul întreținerii** 9

Examinarea activităților specifice întreținerii 13
Strategia interioară a sistemului întreținerii 14
Întreținerea corectivă — CORMENT 18
Întreținerea preventivă — PREMENT 20
Problemele factorilor umani 27
Modelarea sistemului întreținerii și luarea deciziei 29
Unele concluzii ale examinării sistemului întreținerii 31
41

Capitolul III. **Sistemul terotehnic** 43
Unele considerații asupra terotehnicii ca sistem 43
Probleme ale procedeelor tehnologice de reparații 49
Normalizare. Standardizare. Tipizare 58
Colectarea și prelucrarea datelor 59
Unele observații asupra datelor fiabilitate 70
Noi caracteristici ale activităților din domeniul concepției . . 74
Laborator Terotehnic — LabTero 80
Proiectări Terotehnice — ProTero 87
Considerații finale asupra efectelor economice de bază ale sistemului terotehnic 105

Bibliografie 107

Anexa I. **Întreținerea preventivă a unui parc de autobuze urbane** . . 109

Anexa II. **Exemplu de instrucțiuni pentru PREMENT la o uzină de tractoare** 113

Anexa III. **Metodă de calcul pentru implicațiile economice ale fiabilității** 117

Anexa IV. **Metodă de calcul pentru eficiența economică de utilizare a unui produs** 125

Anexa V. **Metodă de calcul pentru întreținerea previzională** 132

Scanned with OKEN Scanner

Scanned with OKEN Scanner

În anul 1976 la Editura tehnică au mai apărut :

MANOLESCU, N. ș.a.

Manualul inginerului mecanic
Mecanisme. Organe de mașini. Dinamica mașinilor

TABĂRĂ, V. ș.a.

Calculul, proiectarea și reglarea preselor

BĂDESCU, GH. ș.a.

Îndrumător practic uzinal și de laborator pentru controlul preciziei de prelucrare în construcția de mașini

UCECOM

Redactor: Ing. MARIA-ANTOINETTE IONESCU
Tehnoredactor: VALERIU MORĂRESCU
Coperta: VALENTIN VIȘAN

Bun de tipar: 21.9.1976
Coli de tipar: 9
Tiraj: 4 300+70+15 ex. broșate.
C. Z. 658.58.004.5

Lucrarea executată sub cd. 211 la
Întreprinderea Poligrafică Oltenia — Craiova
Republica Socialistă România

Lucrarea reprezintă o introducere în noua știință multidisciplinară a terotehnicii, care are drept obiect final rentabilizarea maximă a tuturor activităților de întreținere a oricărui produs — mașini, utilaje, echipamente, uzine etc.

În acest scop se efectuează analiza întregului flux — de la cercetare, dezvoltare, proiectare, fabricație, exploatare și întreținere, pînă la reparație — folosind datele acumulate în exploatare, în vederea executării modificărilor ce se impun pe tot fluxul, în scopul reducerii cheltuielilor de exploatare, întreținere și reparații.

În primul capitol se examinează relațiile necesare dintre compartimentele activităților legate de un produs și se definește **Terotehnica** în acest context. În al doilea capitol se studiază trăsăturile principale ale sistemului întreținerii, pentru ca în ultimul capitol cititorul să fie introdus în problemele sistemelor terotehnice. Se prezintă astfel, în mod succint, mai ales căile rentabilizării întreținerii, rolul procedeelor tehnologice moderne de reparații, tehnica colectării și prelucrării datelor asupra comportării în durata de viață, noi caracteristici ale activităților din domeniul concepției impuse de Terotehnică etc. În anexe se prezintă exemple și se dezvoltă metode de calcul terotehnic.

Exemplificările, cu caracter ilustrativ-demonstrativ, se axează pe domeniul unor produse ale industriei constructoare de mașini și în special al automobilelor.

Lucrarea se adresează tehnicienilor, inginerilor și economiștilor care activează în domeniile cercetării, dezvoltării, proiectării, întreținerii, exploatării și reparațiilor din toate ramurile industriale.

Lei 6,25

Scanned with OKEN Scanner